

分置

金属燃料製造設備構成の調査(2)

(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告)

(調査報告)

2005年2月

三菱重工業株式会社

本資料の全部または一部を複写・複製・転載する場合は、下記にお問い合わせください。

〒319-1184 茨城県那珂郡東海村村松4番地49
核燃料サイクル開発機構
技術展開部 技術協力課
電話：029-282-1122(代表)
ファックス：029-282-7980
電子メール：jserv@jnc.go.jp

Inquiries about copyright and reproduction should be addressed to:

Technical Cooperation Section,
Technology Management Division,
Japan Nuclear Cycle Development Institute
4-49 Muramatsu, Tokai-mura, Naka-gun, Ibaraki 319-1184, Japan

© 核燃料サイクル開発機構
(Japan Nuclear Cycle Development Institute)
2005

2005年2月

金属燃料製造設備構成の調査(2)
(核燃料サイクル開発機構 契約業務報告)
(調査報告)

千田 康英※ 山田 誠也※

要 旨

金属燃料リサイクルプラント(38tHM/年)の燃料製造設備について、これまでの設計研究及び品質管理概念をベースに、主要機器の概念設計を進めた。あわせて、製品のハンドリング装置の概念設計を行い、製品等のハンドリング時間を検討するとともに、燃料成分調整手法を考慮して、燃料製造設備の機器台数を最適化した。

(1) 代表的な主工程設備及び燃料ハンドリング・秤量設備の構造概念設計

燃料成分調整装置、燃料ピン組立装置、Naボンディング装置、燃料スラグパレットハンドリング装置、燃料ピンパレットハンドリング装置、燃料ピンハンドリング装置及び秤量器の構造概念設計を実施した。

(2) ハンドリング時間を考慮した必要設備台数の見直し

上述の概念設計結果を基に、燃料スラグ等をハンドリングするための所要時間を見積り、機器毎の処理時間を評価した。モールド除去装置においてはハンドリング時間により処理時間が不足したため、2台に増強した。また、移送台車を3台追設して、製品等の移送工程を整合させた。

(3) 設備間バッファの検討

機器相互の処理能力を比較するとともに、製品のハンドリング時間を考慮して、設備間バッファ量を検討した。あわせて、被覆管等の部材のバッファ量も検討し、燃料製造設備内の保管棚等のバッファ量を最適化した。

本報告書は、三菱重工業株式会社がニュークリア・デベロップメント株式会社の協力を得て、核燃料サイクル開発機構との契約により実施した業務成果に関するものである。

機構担当部課室：大洗工学センター システム技術開発部

燃料製造システムグループ

※ 三菱重工業株式会社

Feburary,2005

Research on Plant of Metal Fuel Fabrication using Casting Process(2)
(Document Prepared by Other Organization, Based on the Trust Contract)
(Survey Document)

Yasuhide Senda* Seiya Yamada*

Abstract

In this research work for the metal fuel fabrication system (38tHM/y), the studies of the concept of the main process equipments were performed based on the previous studies on the process design and the quality control system design. In this study the handling equipment of the products were also designed, according to these designs the handling periods were evaluated. Consequently the numbers of the equipments were assessed taking into account for the method of the blending the fuel composition.

(1) Structural concept design of the major equipments, the fuel handling machine and the gravimetries in the main fabrication process

The structural concept were designed for the fuel composition blending equipment, the fuel pin assembling equipment, the sodium bonding equipment, the handling equipment for fuel slug palettes, the handling equipment for fuel pins and the gravimetries.

(2) Re-assessment of the numbers of the equipments taking account of the handling periods

Based on the results of item (1) the periods were evaluated for the fuel slug and pin handling. Processing time of demolder is short, then the number of it is increased to two. Three vehicles are also added to transfer the slugs and a heel smoothly.

(3) Design of the buffer storages

The buffer storages among the equipments were designed through the comparison of the process speed between the equipments taking into account for the handling periods. The required amount of the structural parts (for example cladding materials) was assessed for the buffer in the same manner and the amount of the buffer facilities were optimized.

This work was performed by Mitsubishi Heavy Industries, Ltd. in collaboration with Nuclear Development Corporation under contract with Japan Nuclear Cycle Development Institute.

JNC Liaison :Fuel Fabrication System Group, System Engineering Technology Division,

O-arai Engineering Center

*:Mitsubishi Heavy Industries, Ltd

目 次

1. はじめに	1
2. 代表的な主工程機器及び燃料ハンドリング・秤量機器の概念設計	2
2.1 燃料成分調整装置、燃料ピン組立装置及びNaポンディング装置の概念設計	2
2.1.1 燃料成分調整装置の概念設計	2
2.1.2 燃料ピン組立装置の概念設計	7
2.1.3 Naポンディング装置の概念設計	13
2.2 燃料ハンドリング装置及び秤量器の概念設計	17
2.2.1 燃料ハンドリング装置	17
2.2.2 秤量器	23
2.3 機器概念図	25
3. ハンドリング時間を考慮した必要設備台数の見直し	38
3.1 機器毎の処理時間の検討	38
3.2 移送台車の運転時間の検討	44
3.3 ハンドリング時間と機器の処理時間	59
4. 設備間バッファの検討	63
4.1 設備間バッファ	63
4.2 部材保管バッファの検討	64
5. 工程系統図及びマテリアルフロー図	65
6. プロセス説明	70
6.1 基本仕様	70
6.2 基本条件	70
6.3 運転形態	75
6.4 取合条件	75
6.5 プロセスの特徴、選定の考え方	75
6.6 プロセスの詳細	76
6.6.1 燃料ピン製造工程	76
6.6.2 集合体組立工程	90
7. 機器リスト	94

8. おわりに.....	107
9. 参考文献.....	108

表目次

	頁
表 2.1.1-1 原料諸元	6
表 2.1.1-2 るつぼ諸元	6
表 2.1.2-1 燃料スラグ諸元	12
表 2.1.2-2 燃料ピン諸元	12
表 2.2.1-1 スラグパレット諸元	22
表 2.2.1-2 燃料ピンパレット諸元	22
表 3.1-1 主要工程機器の処理時間等(1/4)	40
表 3.1-2 主要工程機器の処理時間等(2/4)	41
表 3.1-3 主要工程機器の処理時間等(3/4)	42
表 3.1-4 主要工程機器の処理時間等(4/4)	43
表 3.2-1 受入容器移送台車の運転時間	45
表 3.2-2 原料パレット移送台車の運転時間(その 1)	46
表 3.2-3 原料パレット移送台車の運転時間(その 2)	47
表 3.2-4 原料パレット移送台車の運転時間(その 3)	48
表 3.2-5 るつぼ移送台車の運転時間	49
表 3.2-6 スラグ容器移送台車 A の運転時間	50
表 3.2-7 スラグ容器移送台車 B の運転時間	51
表 3.2-8 スラグ容器移送台車 C の運転時間(炉心燃料の場合)	52
表 3.2-9 スラグ容器移送台車 C の運転時間(径プランケット燃料の場合)	53
表 3.2-10 ヒール・スクラップ移送台車の運転時間(その 1)	54
表 3.2-11 ヒール・スクラップ移送台車の運転時間(その 2)	55
表 3.2-12 燃料ピン移送台車 A の運転時間	56
表 3.2-13 燃料ピン移送台車 B の運転時間(その 1)	57
表 3.2-14 燃料ピン移送台車 B の運転時間(その 2)	58
表 3.3-1 ハンドリング時間と機器の処理時間(1/3)	60
表 3.3-2 ハンドリング時間と機器の処理時間(2/3)	61
表 3.3-3 ハンドリング時間と機器の処理時間(3/3)	62
表 6.2-1 集合体・炉心重量及びスラグ密度	71

表 6.2-2	38tHM/y プラントの各製造工程における年間取扱量(重量).....	71
表 6.2-3	38tHM/y プラントの各製造工程における年間取扱量(バッチ数・本数・対体数)	71
表 6.2-4	射出成型 1 バッチから得られる各種年間製品量(本数・体数).....	71
表 6.2-5	再処理施設における再処理(インゴット)の生産量と組成.....	72
表 6.2-6	射出成型設備での物質収支(基準仕様).....	73
表 6.2-7	再処理-燃料製造一体化プラントでの物質収支.....	74
表 7-1	機器リスト(1/12).....	95
表 7-2	機器リスト(2/12).....	96
表 7-3	機器リスト(3/12).....	97
表 7-4	機器リスト(4/12).....	98
表 7-5	機器リスト(5/12).....	99
表 7-6	機器リスト(6/12).....	100
表 7-7	機器リスト(7/12).....	101
表 7-8	機器リスト(8/12).....	102
表 7-9	機器リスト(9/12).....	103
表 7-10	機器リスト(10/12).....	104
表 7-11	機器リスト(11/12).....	105
表 7-12	機器リスト(11/12).....	106

図目次

	頁
図 2.3-1 燃料成分調整装置概念図.....	26
図 2.3-2 燃料ピン組立装置概念図.....	27
図 2.3-3 燃料ピン組立装置各ユニット及び部分概念図.....	28
図 2.3-4 Na ボンディング装置概念図.....	29
図 2.3-5 Na ボンディング用燃料ピン取扱装置概念図.....	30
図 2.3-6 Na ボンディング装置配置概念図.....	31
図 2.3-7 スラグパレットハンドリング装置概念図.....	32
図 2.3-8 燃料ピンパレットハンドリング装置概念図.....	33
図 2.3-9 燃料ピンハンドリング装置概念図.....	34
図 2.3-10 スラグパレット秤量器概念図.....	35
図 2.3-11 モールド除去装置配置概念図.....	36
図 2.3-12 燃料スラグ検査装置配置概念図.....	37
図 5-1 金属燃料リサイクル燃料製造設備工程系統図(PFD)(1/2).....	66
図 5-2 金属燃料リサイクル燃料製造設備工程系統図(PFD)(2/2).....	67
図 5-3 金属燃料リサイクル燃料製造設備マテリアルフロー図(MFD)(1/2).....	68
図 5-4 金属燃料リサイクル燃料製造設備マテリアルフロー図(MFD)(2/2).....	69

1. はじめに

FBR サイクル実用化戦略調査研究のフェーズIIでは、フェーズIで候補概念となった金属電解法再処理と鋳造法からなる金属燃料サイクルシステムについて、主工程の設計研究と並行して、品質管理概念をはじめとする周辺項目についても検討を進めている。

本年度は、燃料成分調整における各原料の投入順序を最適にするとともに、再処理設備から供給される U-Pu 合金と U 合金の重量や組成を特定した。これらに基づき核燃料サイクル開発機構殿で物質収支を再評価され、機器に要求される燃料スラグや燃料ピンの必要処理量を見直した。

得られた必要処理量と平成 15 年度までの検討結果^{[1] [2]}を考慮し、燃料成分調整装置、燃料ピン組立装置及び Na ボンディング装置の概念設計を行った。また、燃料スラグ或いは燃料ピンを各主工程設備に搬入出するための、燃料ハンドリング装置及び秤量器の概念設計を行った。

燃料ハンドリング装置の概念設計に基づき、燃料スラグ及び燃料ピンをハンドリングするための所要時間を見積り、主工程機器の処理速度とハンドリング時間の整合性を確認し、機器数及び移送台車数を特定した。

あわせて、必要な設備間バッファ及び被覆管等の部材の保管量を設定し、機器リストに反映した。

2. 代表的な主工程機器及び燃料ハンドリング・秤量機器の機器概念

2.1 燃料成分調整装置、燃料ピン組立装置及びNaポンディング装置の概念設計

2.1.1 燃料成分調整装置の概念設計

(1) 基本動作

燃料成分調整装置は製造する燃料成分に合わせて、U-Pu合金、U合金、U金属、新Zr、燃料スラグせん断片及びヒールの各原料を射出成型るつぼに装荷するものである。なおこれらの各原料の重量はあらかじめ秤量あるいは調整されている。

まず、燃料成分調整装置に空のるつぼを受け入れる。同様に、U-Pu合金等の原料の入ったパレットを受け入れる。

炉心燃料の場合、受け入れたこれら原料を新Zr、U金属、燃料スラグせん断片、U合金、ヒールそしてU-Pu合金の順にるつぼに入れる。

プランケット燃料の場合、新Zr、燃料スラグせん断片、ヒール及びU合金の順にるつぼに入れる。これらるつぼへ入れる順序は以下の観点で設定した。

- 高融点の物質を先にるつぼへ入れる。
- 小片を先にるつぼへ入れる。
- Zrは液体Uに溶け込んでいくので、Zrの後にUをるつぼに入れる。

るつぼに原料を入れ終われば、このるつぼを射出成型装置へ払い出す。また、原料を入れていた各パレットは各受入秤量器に払い出す。なお、これらるつぼ及び各パレットを払い出す際に2式の秤量器でこれらを2度秤量することで、重量による臨界管理を行う。

(2) 設計条件

(a) 処理対象

受入時はU-Pu合金及びU合金はインゴット、U金属及び新Zrは秤量及び調整の容易な形状のもの、ヒールはるつぼ形状、燃料スラグせん断片は円柱状で、所定のパレットに入れられている。払出時は原料を入れたるつぼ及び空の原料パレットである。各原料の諸元を表2.1.1-1に示す。

(b) 処理能力

プロセス説明に示すようにIC,OC,AB及びRBの4種の燃料に応じた燃料成分の原料調整を可能とする。

① るつぼ装荷量

- ・ 炉心燃料(IC及びOC)の場合、るつぼ内HM装荷量を各々約36kgHM、約26kgHM(装荷金属重量では約40kgと約29kg)とする。この場合のるつぼ内には約3.4kgのTRUを装荷することになる。フェーズ1設計で得た制限量(約5.5kgPu-239)に対して十分余裕のある値である。
- ・ ブランケット燃料(AB及びRB)の場合、るつぼ内へのHM装荷量を各々45kgHM及び54kgHM(装荷金属重量では50kgと60kg)とする。これは臨界の観点からの制限はないが、原料やモールドパレットのハンドリング等を考慮してきめたものである。
- ・ るつぼの諸元を表2.1.1-2に示す。

(2) バッチ数

4基の射出成型装置を3バッチ/日で運転するので、これに1基の燃料成分調整装置で対応することとし、12バッチ/日の処理能力とする。原料の受け入れから、るつぼへの原料の装荷、るつぼ等の扱い出しを完了するまでに約8時間/基で処理する。

(3) 取合条件

- (a) るつぼ移送台車から空のるつぼを受け入れる。
- (b) 原料パレット移送台車から原料パレット(6種)を受け入れる。
- (c) るつぼ移送台車へるつぼ(原料入り)を払い出す。
- (d) るつぼ移送台車へ空の原料パレット(6種)を払い出す。

(4) 装置仕様

- (a) 原料パレット及びるつぼのハンドリング
原料パレット、るつぼ及び原料を持ち、搬送するために、マニピュレータを使う。
 - ・ 最大可搬質量：100kg
 - ・ 可搬範囲：内径1341mm、外径3048mm、高さ2113mm
- (b) 秤量器

原料を入れたるつぼ及び空になった原料パレットを秤量する。臨界管理用に2式秤量器を設ける。

- ・ るつぼ秤量器：2式
- ・ 原料容器(パレット)秤量器：2式

(c) 計装

- ・ 識別管理(るつぼ及び原料パレット)
- ・ 重量

(d) ユーティリティ

なし

(5) 機器構造(ユニット構成)

- ・ マニピュレータ
- ・ マニピュレータ用架台
- ・ 原料パレット設置台
- ・ るつぼ設置台
- ・ るつぼ秤量器
- ・ 原料容器(パレット)秤量器
- ・ フラップ開放ホーク移動装置

(6) 基本的な運転操作要領

(a) るつぼ及び原料の受け入れ

空のるつぼを搬送してきたるつぼ移送台車の台車 ID を確認する。次にるつぼ移送台車のハンドリング装置により、空のるつぼをるつぼ設置台に置く。容器 ID を ID 識別用カメラで読み取る。

原料パレットを搬送してきた原料パレット移送台車の台車 ID を確認する。原料パレット移送台車のハンドリング装置で所定の原料パレットを原料パレット設置台に順次置く。各原料パレットの容器 ID を ID 識別用カメラで読み取る。

(b) 燃料成分の調整

マニピュレータで原料パレットを把持し、るつぼまで原料パレットを運び、パレット内の原料全てをるつぼ内に投入する。

U-Pu 合金、U 合金及びヒールの場合は原料をマニピュレータで把持し、るつぼ内に投入する。

U 金属、新 Zr 及びスラグせん断片の場合には、これらのパレット容器をマニピュレータで把持する。フラップ開放ホークをるつぼ上に移動させた後、その上に、パレット容器を下げることで、容器下部のフラップを押し抜け、容器内部の原料をるつぼ内に投入する。

(c) 秤量

原料の入ったるつぼをマニピュレータで把持し、2式のるつぼ秤量器でるつぼを秤量する。秤量後はるつぼ設置台にるつぼを戻す。次にマニピュレータで原料パレットを個別に把持し、2式の原料容器秤量器で原料パレットを秤量する。

(d) るつぼ及び原料パレットの扱い出し

るつぼ移送台車の台車 ID を確認する。次に、るつぼ設置台にあるるつぼの容器 ID を ID 識別用カメラで確認する。その後、るつぼ移送台車のハンドリング装置で、るつぼをるつぼ移送台車に載せる。

原料パレット移送台車の台車 ID を確認する。次に各原料パレットの容器 ID を ID 識別用カメラで確認する。その後、原料パレット移送台車のハンドリング装置で原料パレットを原料パレット移送台車に載せる。

表 2.1.1-1 原料諸元

		U-Pu 合金		U 合金		U 金属		新 Zr	
		(wt%HM)	(wt%)	(wt%HM)	(wt%)	(wt%HM)	(wt%)	(wt%HM)	(wt%)
(1) 組成	Pu	64.94	63.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	MA	1.82	1.79	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	U	33.24	32.60	100.00	89.97	100.00	100.00	0.00	0.00
	希土類 FP	1.94	1.91	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
	Zr	0.00	0.00	11.5	10.03	0.00	0.00	100.00	100.00
	重量	3.40kg ⁽¹⁾		10.00kg ⁽¹⁾		1000g ⁽²⁾	100g ⁽²⁾	100g ⁽²⁾	
形状		φ 200×H7mm、円形 ⁽²⁾	φ 200×H20mm、円板形 ⁽²⁾	3.8×3.8×3.7cm ⁽²⁾ , 1.8×1.8×1.6cm ⁽²⁾		3.8×3.8×3.7cm ⁽²⁾ , 1.8×1.8×1.6cm ⁽²⁾		2.0×2.0×1.9cm ⁽²⁾	

備考(1)：核燃料サイクル開発機構殿提示資料による。

(2)：設定値

表 2.1.1-2 るつぼ諸元

	IC	OC	AB	RB
外径(mm)	250	同左	340	同左
内径(mm)	220	同左	310	同左
高さ(mm)	250	同左	250	同左
内深さ(mm)	120	同左	120	同左
装荷金属量(kg)	40.07	28.70	50.00	60.00

備考(1) 内面 Y₂O₃コーティング
 (2) 核燃料サイクル開発機構殿提示資料及び文献[2]による。

2.1.2 燃料ピン組立装置の概念設計

(1) 基本動作

燃料ピン組立装置は被覆管内に燃料スラグを入れ、端栓を溶接することで燃料ピンを組み立てる装置である。まず、下部端栓溶接済みの被覆管に所定量のボンド Na 及び秤量済みの燃料スラグを挿入し、被覆管内を He ガスで置換する。次に上部端栓を抵抗溶接し、溶接により発生したバリを研削する。これら燃料ピンの溶接部分の外径を溶接部分外径検査装置で検査、燃料ピンの識別 ID を確認した後、燃料ピンの重量を計測する。溶接部分の外径検査結果に応じ、燃料ピンを分別し、払い出す。以上の動作により燃料ピンを組み立てる。

炉心燃料ピンと径プランケット燃料ピンは直径が異なるが、1 基の装置でこれらに対応可能とする。

(2) 設計条件

(a) 処理対象

受け入れ時はスラグを入れたスラグ移送容器(パレット)、払い出し時は燃料ピンである。

また、燃料ピン製造のための部材として、下部端栓付き被覆管、ボンド Na 及び上部端栓を受け入れる。スラグ諸元を表 2.1.2-1 に、燃料ピンの諸元を表 2.1.2-2 に示す。

(b) 処理能力

IC, OC 及び RB の 3 種の燃料に応じた燃料ピンを製造可能とする。

燃料ピン 1 本当りの処理時間を 3 種類とも同じと仮定すると、第 6 章の表 6.2-4 より燃料ピンの年間製造本数は 60474 本であるため、 $60474 \text{ 本}/\text{年} \div 200 \text{ 日}/\text{年} = 302.4 \text{ 本}/\text{日}$ より、当該装置の処理能力を 303 本/日とする。

(3) 取合条件

- (a) スラグ容器移送台車からスラグ移送容器を受け入れる。炉心燃料の場合、2 種類のスラグを(IC と AB 又は OC と AB)、径プランケット燃料の場合は 1 種類の RB スラグのみを受け入れる。
- (b) 燃料ピン移送台車から空の完成燃料ピン用パレット及び空の不良燃料ピン用パレットを受け入れる。
- (c) 被覆管パレット、上部端栓パレット、炉心燃料用ボンド Na パレット及び径プランケット燃料用ボンド Na パレットを受け入れる。
- (d) スラグ容器移送台車へスラグ移送容器を払い出す。

- (e) 燃料ピン移送台車へ完成燃料ピン用パレット及び不良燃料ピン用パレットを払い出す。
 - (f) 被覆管パレット、上部端栓パレット、炉心燃料用ボンド Na パレット及び RB 燃料用ボンド Na パレットを払い出す。
- (4) 装置仕様
- (a) 燃料スラグパレット搬入
AB 燃料用、IC 燃料用(又は OC 燃料用)或は RB 燃料用の 3 式のスラグパレットを受け入れる。
 - (b) ボンド Na パレット搬入
ボンド Na は棒状とし、炉心燃料用と RB 燃料用の 2 式のボンド Na パレットを受け入れる。
 - (c) スラグ・ボンド Na 移送及び挿入
燃料スラグパレット及びボンド Na パレットから 1 本づつスラグ及びボンド Na を取り出し、搬送し、被覆管に挿入するものとする。
 - (d) 被覆管移送
被覆管を 1 本把持し、装置内を移動させ、所定工程の装置に被覆管を固定する。
 - (e) 上部端栓溶接
炉心燃料用と径プランケット燃料用の各々に抵抗溶接装置を設け、2 式とする。
 - (f) 溶接部分の研削
バイトで研削する機構とし、1 式で炉心燃料用と径プランケット燃料のいずれにも対応可能とする。
 - (g) 溶接部分外径検査
溶接部分外径検査装置で行う。当該装置はレーザマイクロゲージにより被覆管直径を計測する。炉心燃料と径プランケット燃料のいずれにも対応できるようにし、1 式とする。
 - (h) 燃料ピンの秤量
溶接部分外径検査で合格した燃料ピンを 1 本毎に秤量する。
 - (i) 燃料ピンの仕分け
溶接部分外径検査の合否に基づき、燃料ピンを仕分け、所定位置に集約する。
 - (j) 燃料ピン搬出部
完成燃料ピンと不良燃料ピンを各々のパレットに入れる。

(k) 計装

- ・ 識別管理(燃料スラグパレット、燃料ピン)
- ・ 計量(燃料スラグパレット及び燃料ピン)

(l) 機器構造(ユニット構成)

- ・ 燃料スラグ取扱部
- ・ ボンド Na 取扱部(移送コンベア及びボンド Na パレット取扱部)
- ・ 燃料ピン取扱装置(架台、不良燃料ピン回収コンベア含む)
- ・ 炉心燃料端栓溶接装置
- ・ 径プランケット燃料端栓溶接装置
- ・ アップセット研削装置
- ・ 溶接部分外径検査装置
- ・ 燃料ピン質量測定装置

(5) 基本的な運転操作要領

- (a) スラグ容器移送台車の台車 ID を確認する。
- (b) 原料の入った燃料スラグパレットを受け入れる。容器 ID を読み取った後、スラグ用パレット昇降装置に設置する。
- (c) 燃料ピン移送台車の台車 ID を確認する。
- (d) 空の完成燃料ピン用パレットを受け入れる。容器 ID を読み取る。
- (e) 空の不良燃料ピン用パレットを受け入れる。容器 ID を読み取る。
- (f) ボンド Na が入ったパレット、下部端栓が溶接された被覆管の入ったパレット及び上部端栓の入ったパレットを受け入れる。
- (g) 燃料ピン取扱装置により被覆管用パレットから被覆管を 1 本取り出し、これを把持し、被覆管センタリング装置に設置する。
- (h) 被覆管センタリング装置で被覆管の位置(高さ)を調整する。
- (i) 被覆管の下部を被覆管移送装置の被覆管把持装置で把持する。被覆管把持装置で被覆管上部を被覆管・燃料スラグ案内装置に挿入する。
- (j) 炉心燃料の場合、1 本の炉心燃料用ボンド Na をボンド Na 断続供給装置によりスラグ挿入装置に供給する。径プランケット燃料の場合、1 本の RB 燃料用ボンド Na をボンド Na 断続供給装置によりスラグ・ボンド Na 移送コンベアに供給する。
- (k) スラグ用パレット移送装置を使って、スラグパレットをスラグ供給装置に送る。

- (l) スラグ供給装置により、スラグパレットを傾斜させ、パレット内のスラグを払い出し、これをスラグ移動用スロープに送る。
- (m) スラグ 1 本だけを断続供給装置でスラグ移送装置の高さまで押し上げる。
- (n) スラグをスラグ移送装置でスラグ秤量装置まで移動させる。秤量後、スラグをスラグ移送装置でスラグ・ボンド Na 移送コンベアに移動させる。
- (o) スラグ・ボンド Na 移送コンベアを動かし、ボンド Na 及びスラグをスラグ挿入装置方向に移動させる。
- (p) (m)から(o)の操作を繰り返し、所定のスラグを順番にスラグ・ボンド Na 移送コンベアに載せ、スラグ挿入装置に移動させる。
- (q) スラグ挿入装置でボンド Na 及びスラグを順次被覆管に挿入する。
- (r) ボンド Na 及び燃料スラグを装填した燃料ピンを被覆管移送装置で被覆管・燃料スラグ案内装置から引き抜く。
- (s) 燃料ピン取扱装置で燃料ピンを持ち、移動させ、被覆管の開口部を端栓溶接装置の被覆管クランプ装置に挿入する。
- (t) 被覆管開口部を被覆管電極で押さえる。
- (u) 端栓を取り付けたスライドチャンバを移動させ、被覆管電極に密着させる。
- (v) スライドチャンバ内を真空排気した後、He を充填する。
- (w) 端栓を被覆管に挿入し、抵抗溶接する。
- (x) スライドチャンバを後退させ、被覆管電極及び被覆管クランプ装置を燃料ピンから外す。
- (y) 燃料ピン取扱装置で燃料ピンをアップセット研削装置の燃料ピンクランプ装置及び燃料ピン固定チャックに取り付ける。
- (z) アップセット研削装置のリセッシング研削ツールを燃料ピンの端栓溶接部周囲で回転させ、溶接部周囲を研削する。
- (aa) 燃料ピン取扱装置で燃料ピンをアップセット研削装置から取り外し、溶接部分外径検査装置に取り付ける。
- (bb) 燃料ピンを回転させながら、レーザマイクロゲージを燃料ピン軸方向に移動させ、燃料ピン溶接部近傍の外径を計測する。同時に ID 識別用カメラで燃料ピンの識別 ID を読み取る。
- (cc) 燃料ピンを燃料ピン取扱装置で溶接部分外径検査装置から取り外し、燃料ピン質量測定装置に載せ、秤量する。
- (dd) 燃料ピン取扱装置で燃料ピンを完成燃料ピンパレットに入れる。なお、溶接部分外径検査

の結果で不合格となった燃料ピンは不良燃料ピン回収孔に投入し、不良燃料ピン用パレットに集約する。

- (ee) (g)から(dd)の操作を繰り返し、所定数の燃料ピンを組み立てる。
- (ff) 燃料スラグパレットを2式の秤量器で計量し、容器IDをID識別用カメラで読み取る。
- (gg) 完成燃料ピン用パレット及び不良燃料ピン用パレットの容器IDをID識別用カメラで読み取る。
- (hh) スラグ容器移送台車の台車IDを確認した後、燃料スラグパレットをスラグ容器移送台車に払い出す。
- (ii) 燃料ピン移送台車の台車IDを確認した後、完成燃料ピン用パレット及び不良燃料ピン用パレットを燃料ピン移送台車に払い出す。
- (jj) ボンドNaパレット、上部端栓パレット及び被覆管パレットを払い出す。

表 2.1.2-1 燃料スラグ諸元^{[1][3]}

	IC	OC	AB	RB
直径(mm)	6.5	同左	同左	12.7
スラグ長(mm)	425	同左	150	383.3
スラグ密度 (g/cm ³)	15.609	同左	15.800	同左
重量(g)	220.1	同左	78.6	767.2

表 2.1.2-2 燃料ピン諸元

		IC	OC	RB
被覆管	外径(及び内径)(mm)	8.5(7.5)	同左	14.8(13.8)
	全長(mm) (下部端栓 40mm 含む)	2640	同左	同左
上部端栓	長さ(mm)	30	同左	同左
ワイヤ	巻付ピッチ(mm)	250	同左	同左
	径(mm)	1.3	同左	同左
スタック	構成	AB+IC+IC+AB	AB+OC+OC+AB	RB+ RB+ RB
	重量(g)	597.5	同左	2301.7
ボンド Na 重量(g)		15.0	同左	28.7
全長(mm)		2670	同左	同左
備考				

2.1.3 Na ボンディング装置の概念設計

(1) 基本動作

円筒状の炉に複数の燃料ピンを装荷し、炉内雰囲気をアルゴンガスとする。次に、500°Cまで昇温してボンドNaを溶融した後、所定の時間加振する。これにより燃料スラグを沈降させ、燃料スラグと被覆管とのギャップ部をNaで充填する。充填後は、Na凝固時のひけ巣の発生を防止するため、燃料下端部から徐々に冷却するものとする。

(2) 設計条件

(a) 処理対象

炉心(IC及びOC)燃料ピン及び径プランケット燃料ピン

(b) 処理能力

① 炉心燃料ピン : 180本/バッチ/基×1バッチ/日=180本/日/基

② 径プランケット燃料ピン : 50本/バッチ/基×1バッチ/日= 50本/日/基

(3) 取合条件

(a) 燃料ピン移送台車から燃料ピンを入れたパレットを当該装置の燃料ピンパレット仮置場(受入バッファ)に受け入れる。バッファ量はNaボンディング装置の1バッチ当たりの取扱量とする。

(b) 燃料ピンパレット仮置場に燃料ピンを入れたパレットを払い出し、これを介して、燃料ピンを燃料ピン移送台車に払い出す。

(4) 装置仕様

(a) 加熱炉

500°Cまで昇温可能な電気抵抗炉

(b) 加振装置

燃料ピン全体を保持する加振ロッドとこれを上下に振動させる振動装置

(c) 炉内Arガス置換装置

炉内をArガス置換するための、真空排気装置(ロータリーポンプ)及びArガス導入装置

(d) マニピュレータ

燃料ピン固定具を把持し、燃料ピン取扱装置、Naボンディング装置及び燃料ピン固定具仮置場に設置するハンドリング装置。また、燃料ピンパレットを把持し、燃料ピン固定具、燃料ピン移送台車及び燃料ピンパレット仮置場に設置するハンドリング装置。

(e) 燃料ピン取扱装置

燃料ピンを燃料ピンパレットから取り出し、燃料ピン固定具に取り付け・取り外しをする装置

(f) 燃料ピンパレット仮置場

燃料ピン移送台車と Na ボンディング装置との間のバッファで、燃料ピンパレットを所定数保管する。

(g) 燃料ピン固定具仮置場

Na ボンディング装置と燃料ピン取扱装置とのバッファで、燃料ピン固定具を 1 式、保管する。

(h) 計装

- 識別管理(燃料ピン及び燃料ピンパレット)
- 計測結果

(i) 機器構造(ユニット構成)

① Na ボンディング装置

- 蓋
- 分割容器
- 容器本体
- 振動装置

② マニピュレータ

③ 燃料ピン取扱装置

- マニピュレータ
- コレット作動装置及び燃料ピン心出し装置

④ 燃料ピン固定具仮置場

⑤ 燃料ピンパレット仮置場

(5) ユーティリティ

Ar ガス及びオフガス処理

(6) 基本的な運転操作要領

(a) 燃料ピン移送台車の台車 ID を確認する。

(b) マニピュレータ(2)を使い、燃料ピンパレット一つを燃料ピン移送台車から燃料ピンパレット仮置場に移動させる。ID 識別用カメラにより、燃料ピンパレットの容器 ID を読み取る。

- (c) マニピュレータ(2)を使い、Na ボンディング処理を終えた燃料ピンパレット一つを燃料ピンパレット仮置場から燃料ピン移送台車に移動させる。移動前に ID 識別用カメラにより、燃料ピンパレットの容器 ID を読み取る。
- (d) (b)及び(c)の操作を繰り返し、燃料ピン移送台車上の燃料ピンパレットを燃料ピンパレット仮置場へ、Na ボンディング処理を終えた燃料ピンパレットを燃料ピンパレット仮置場から燃料ピン移送台車へ移動させる。
- (e) 燃料ピン取扱装置の燃料ピン心出し装置には処理済みの燃料ピンが残っている。燃料ピン取扱装置のマニピュレータ(1)を使い、燃料ピン心出し装置から燃料ピンを 1 本ずつ引き抜き、燃料ピンパレットに取り付ける。燃料ピンの移動中に燃料ピンの識別 ID を ID 識別用カメラで読み取る。
- (f) (e)の操作を繰り返し、燃料ピンパレットに所定の燃料ピンが取り付けられたら、マニピュレータ(2)を使い、燃料ピンパレットを燃料ピンパレット仮置場へ移す。この時、ID 識別用カメラにより、燃料ピンパレットの容器 ID を読み取る。
- (g) マニピュレータ(2)を使い、燃料ピンパレット仮置場の未処理の燃料ピンパレット一つを燃料ピン取扱装置へ移す。この時、ID 識別用カメラにより、燃料ピンパレットの容器 ID を読み取る。
- (h) 燃料ピン取扱装置のマニピュレータ(1)を使い、燃料ピンパレットから燃料ピンを 1 本ずつ取り外し、燃料ピン心出し装置に取り付ける。燃料ピンの移動中に燃料ピンの識別 ID を ID 識別用カメラで読み取る。
- (i) 燃料ピンパレットが空に成るまで(h)項の操作を繰り返す。
- (j) 燃料ピンパレットが空になったら、(e)から(i)の操作を繰り返し、燃料ピン心出し装置の処置済みの燃料ピンを全て取り外すとともに、新しい燃料ピンを燃料ピン心出し装置に取り付ける。
- (k) 燃料ピン心出し装置を上に移動させ、燃料ピンの上部位置をそろえる。
- (l) マニピュレータ(2)を使い、燃料ピン固定具を燃料ピン固定具仮置場から燃料ピン取扱装置に移し、燃料ピンの上に差し込む。コレット作動装置を下げ、燃料ピン固定具に燃料ピンを固定する。
- (m) 所定数の燃料ピンが取り付けられた燃料ピン固定具をマニピュレータ(2)で把持し、燃料ピン固定具仮置場に設置する。
- (n) Na ボンディング装置内には Na ボンディングを終えた燃料ピン(燃料ピン固定具)が入って

いる。これを取り出すために、Na ボンディング装置の蓋及び分割容器を開放し、処理済みの燃料ピン固定具をマニピュレータ(2)で把持し、燃料ピン取扱装置の燃料ピン心出し装置に設置する。

- (o) 燃料ピン固定具仮置場に置いてある、これから処理する燃料ピンを取り付けた燃料ピン固定具をマニピュレータで把持し、Na ボンディング装置の容器本体内に入れる。
- (p) 燃料ピン取扱装置では、処理を終えた燃料ピンを燃料ピン固定具から取り外すとともに、次の燃料ピンを取りつける。まず、コレット作動装置を上げ、燃料ピン固定具のコレットを緩める。次に心出し装置を下げ、そのまま、マニピュレータ(2)で燃料ピン固定具を持ち上げ、これを燃料ピン固定具仮置場に移す。
- (q) (e)以下の操作を繰り返し、燃料ピン固定具の燃料ピンを入れ替える。
- (r) Na ボンディング装置の分割容器及び蓋を閉じる。
- (s) 炉内を真空排気した後、炉内に Ar ガスを通気する。
- (t) 炉内ヒータに通電し、所定温度まで昇温する。
- (u) 炉内が所定温度になったら、加振装置により、燃料ピン固定具を上下に振動させ、燃料ピンを振動させる。
- (v) 所定時間加振後、ヒータを調整し、炉内温度を下げる。
- (w) 炉内温度が所定温度まで下がったら、Ar ガス通気を止め、炉蓋部及び炉扉部を開放する。
- (x) マニピュレータ(2)を使い、Na ボンディング装置から燃料ピン固定装置を取り出し、燃料ピン取扱装置の燃料ピン心出し装置に設置する。
- (y) 以上の操作を繰り返す。

2.2 燃料ハンドリング装置及び秤量器の概念設計

2.2.1 燃料ハンドリング装置

燃料ハンドリング装置として、スラグパレットハンドリング装置、燃料ピンパレットハンドリング装置及び燃料ピンハンドリング装置の3式について、概念設計する。当該燃料製造設備において燃料ピンは軽水炉燃料ピン製造設備と同様に横置きで取り扱う場合と、当該設備に特有な燃料ピンを立てた状態で取り扱う場合の2形態ある。ここでは、燃料ピンを立てた状態で燃料ピンを取り扱う燃料ピンハンドリング装置を概念設計する。

(1) スラグパレットハンドリング装置

(a) 基本動作

燃料スラグの主工程機器間の移動はスラグパレット(移送容器)で行う。スラグ容器移送台車から払い出されたスラグパレットを持ちし、これを主工程機器の所定位置に置く。主工程機器により処理されたスラグパレットを持ちし、秤量器にこれを載せた後、スラグ容器移送台車との取合位置に置く。

(b) 設計条件

① 処理対象

スラグパレットを処理対象とし、その諸元を表 2.2.1-1 に示す。

② 処理能力

一度にスラグパレット 1 個を持ちし、移動させる。複数のスラグパレットを取り扱う場合は動作を繰り返すことで対応する。

(c) 取合条件

- ・ スラグ容器移送台車からのスラグパレット 1 個の受け入れ及び払い出し。
- ・ 主工程機器へのスラグパレット 1 個の払い出しと受け入れ。
- ・ 秤量器上へスラグパレット 1 個を載せること及び取り上げ。

(d) 装置仕様

① 把持機構

燃料スラグパレットを 1 個把持するため最大可搬重量を 20kg とする。

② 移動機構

主工程機器、秤量器及びスラグ容器移送台車にスラグパレットを 1 個移送可能とするため、移動範囲を最大 1m、最小 0.32m、上下 0.4m 内とする。

(e) 計装

把持機構位置及び把持状態

(f) 機器構造(ユニット構成)

- パレット把持部
- パレット移動機構部
- 支持構造部

(g) 基本的な運転操作要領

- ① スラグ容器移送台車から払い出されたスラグパレットを把持し、主工程機器の取合位置に置く。
- ② 主工程機器から払い出されるスラグパレットを把持し、秤量器に載せる(1回目の秤量)。
- ③ 秤量器からスラグパレットを取り上げ、別の秤量器へ置く(2回目の秤量)。
- ④ 再度秤量器からスラグパレットを取り上げ、移送台車との取合場所へスラグパレットを置く。
- ⑤ ①から④の動作を繰り返す。

(2) 燃料ピンパレットハンドリング装置

燃料ピンパレットは主工程機器間で燃料ピンを搬送するための移送治具で、ここでは燃料ピンを立てた状態で移送する燃料ピンパレットと、このパレットのハンドリング装置の概念を設計する。

(a) 基本動作

燃料ピンパレットハンドリング装置は燃料ピン移送台車に設置されている。当該ハンドリング装置により燃料ピンパレットを移送台車から主工程機器の取合位置へ払い出す。主工程機器が燃料ピンの処理を終え、取合位置に燃料ピンパレットを戻すので、これを把持し、燃料ピン移送台車に載せる。

(b) 設計条件

① 処理対象

燃料ピンパレットを処理対象とし、その諸元を表 2.2.1-2 に示す。

② 処理能力

一度に燃料ピンパレット 1 個を把持し、移動させる。複数の燃料ピンパレットを取り扱う場合は動作を繰り返すことで対応する。

(c) 取合条件

主工程機器への燃料ピンパレット 1 個の払い出し及び受け入れ。

(d) 装置仕様

① 把持機構

燃料ピンパレットを 1 個把持可能とし、最大可搬重量を 30kg とする。

② パレットの移動機構

移動範囲を最大 1m、最小 0.32m、上下 0.4m 内とする。

(e) 計装

把持機構位置及び把持状態

(f) 機器構造(ユニット構成)

- ・ 燃料ピンパレット把持部
- ・ 燃料ピンパレット移動機構部
- ・ 支持構造部

(g) 基本的な運転操作要領

- ① 燃料ピン移送台車上の燃料ピンパレットを把持し、主工程機器の取合位置に置く。
- ② 主工程機器から払い出される燃料ピンパレットを把持し、燃料ピン移送台車上に載せる。

(3) 燃料ピンハンドリング装置

燃料ピン単体を把持し、移動させ、燃料ピンパレットに燃料ピンを装着させる、或いは、主工程機器への燃料ピンの派出と受取を行う装置である。

(a) 基本動作

燃料ピンパレットは移送台車により取合位置に払い出されるので、当該パレットから燃料ピンを1本抜き出し、これを主工程機器に渡す。主工程機器が処理を終え、燃料ピンを払い出すので、これを1本把持し、燃料ピンパレットに装着する。

(b) 設計条件

① 処理対象

燃料ピンを処理対象とする。

② 処理能力

一度に燃料ピン1本を把持し、移動させる。

(c) 取合条件

- ・ 燃料ピンパレットとの燃料ピン1本の受け入れ及び払い出し。
- ・ 主工程機器との燃料ピン1本の受け入れ及び払い出し。

(d) 装置仕様

① 把持機構

燃料ピンを1本把持するため最大可搬重量を10kgとする。

② 移動機構

移動範囲を最大0.6m、最小0.2m、上下0.3m内とする。

(e) 計装

把持機構位置及び把持状態

(f) 機器構造(ユニット構成)

- ・ 燃料ピン把持部
- ・ 移動機構部
- ・ 支持構造部

(g) 基本的な運転操作要領

- ① 燃料ピンパレットから燃料ピンを1本抜き出し、これを主工程機器の取合位置に置く。
- ② 主工程機器から払い出される燃料ピンを把持し、燃料ピンパレットに差し込む。

表 2.2.1-1 スラグパレット諸元

	炉心燃料スラグ用	AB 燃料スラグ用	RB 燃料スラグ用
スラグ収納本数	20 本	60 本	10 本
スラグ収納形態	横置き 20 列	横置き 20 列×3 本	横置き 10 列
スラグ総重量	4.4kg	4.7kg	7.7kg
備考：スラグ諸元は表 2.1.2-1 に示す。			

表 2.2.1-2 燃料ピンパレット諸元

	炉心燃料ピン用	径プランケット燃料ピン用
燃料ピン収納本数	20 本	10 本
燃料ピン収納形態	Ar セル内：横置き 20 列 空気セル内：立て置き 20 列	Ar セル内：横置き 10 列 空気セル内：立て置き 10 列
備考：燃料ピン諸元は表 2.1.2-2 に示す。		

2.2.2 秤量器

(1) 基本動作

燃料スラグ用秤量器は複数の燃料スラグが入っている燃料スラグパレットを一つずつ秤量する。

(2) 設計条件

(a) 処理対象

スラグパレットを1個とする。当該パレットの諸元を表2.2.1-1に示す。

(b) 処理能力

1回の計測でスラグパレット1個を秤量する。秤量精度は±1gとする。

(3) 取合条件

秤量皿にスラグパレットを1個載せる。

(4) 装置仕様

- 1個のスラグパレット分の重量を秤量可能とする。
- 1個のスラグパレットを載せられる秤量皿を有する。
- 秤量器本体は耐放射線用に遮蔽体内におさめる。
- 装置の移動及び設置が容易になるよう、吊上げ用の吊ホールや設置用のガイドピン等を設ける。

(5) 計装

秤量値

(6) 機器構造(ユニット構成)

- 秤量器本体
- 秤量皿
- 遮蔽体

(7) 基本的な運転操作要領

スラグパレットが1個載せられると、秤量する。

保守は以下の手順による。

- マニピュレータ及びインセルクレーンを使い、秤量皿を取り外す。
- 同様に、遮蔽体及び秤量器本体を取り外す。
- マニピュレータ及びインセルクレーンを用いて、保守等を終えた秤量器本体を設置す

る。床面に設けた設置用ガイドにより、位置決めを容易にする。

- (d) 同様に、遮蔽体に設けた開口をガイドピンに入れながら、遮蔽体を秤量器の上にかぶせる。
- (e) 最後に秤量皿の脚を遮蔽体の開口に入れながら、秤量皿を秤量器本体に載せる。

2.3 機器概念図

以下の概念図を次頁以降に示す。

- ・ 燃料成分調整装置概念図(図 2.3-1)
- ・ 燃料ピン組立装置概念図(図 2.3-2)
- ・ 燃料ピン組立装置各ユニット及び部分概念図(図 2.3-3)
- ・ Na ボンディング装置概念図(図 2.3-4)
- ・ Na ボンディング用燃料ピン取扱装置概念図(図 2.3-5)
- ・ Na ボンディング装置配置概念図(図 2.3-6)
- ・ スラグパレットハンドリング装置概念図(図 2.3-7)
- ・ 燃料ピンパレットハンドリング装置概念図(図 2.3-8)
- ・ 燃料ピンハンドリング装置概念図(図 2.3-9)
- ・ スラグパレット秤量器概念図(図 2.3-10)

スラグパレットハンドリング装置の配置概念図を次頁以降に示す。

- ・ モールド除去装置配置概念図(図 2.3-11)
- ・ 燃料スラグ検査装置配置概念図(図 2.3-12)

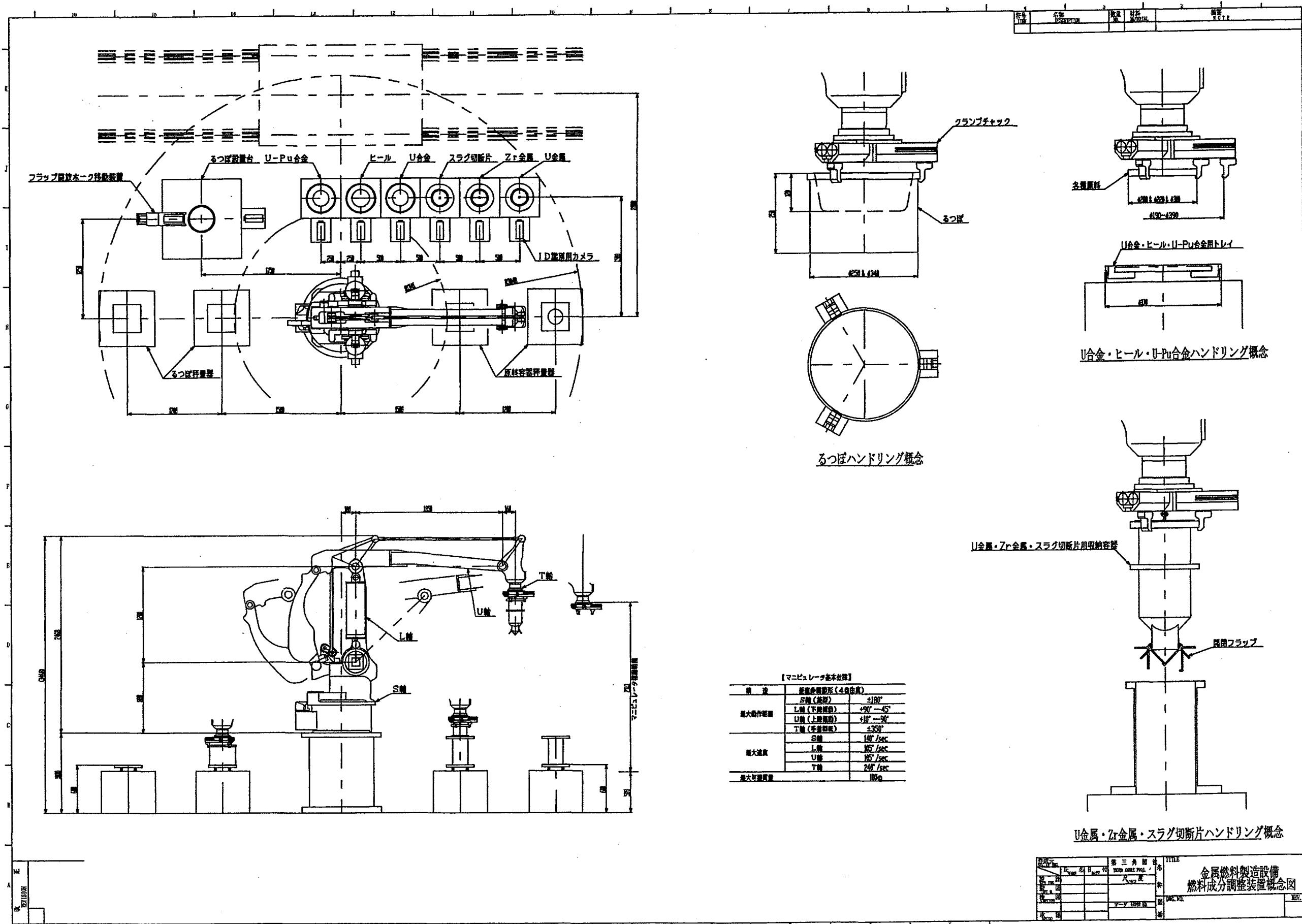


図 2.3・1 燃料成分調整装置概念図

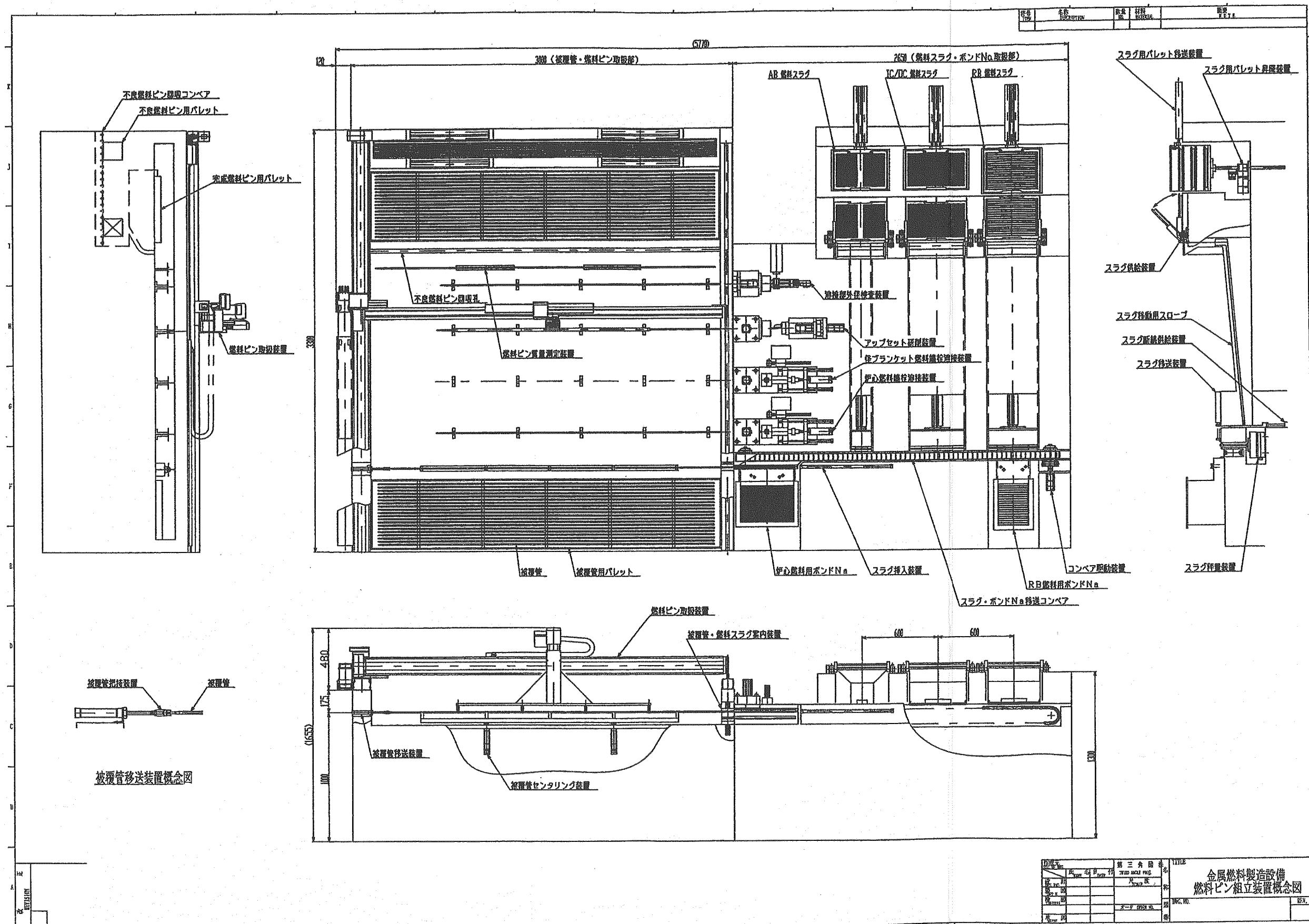


図 2.3-2 燃料ピン組立装置概念図

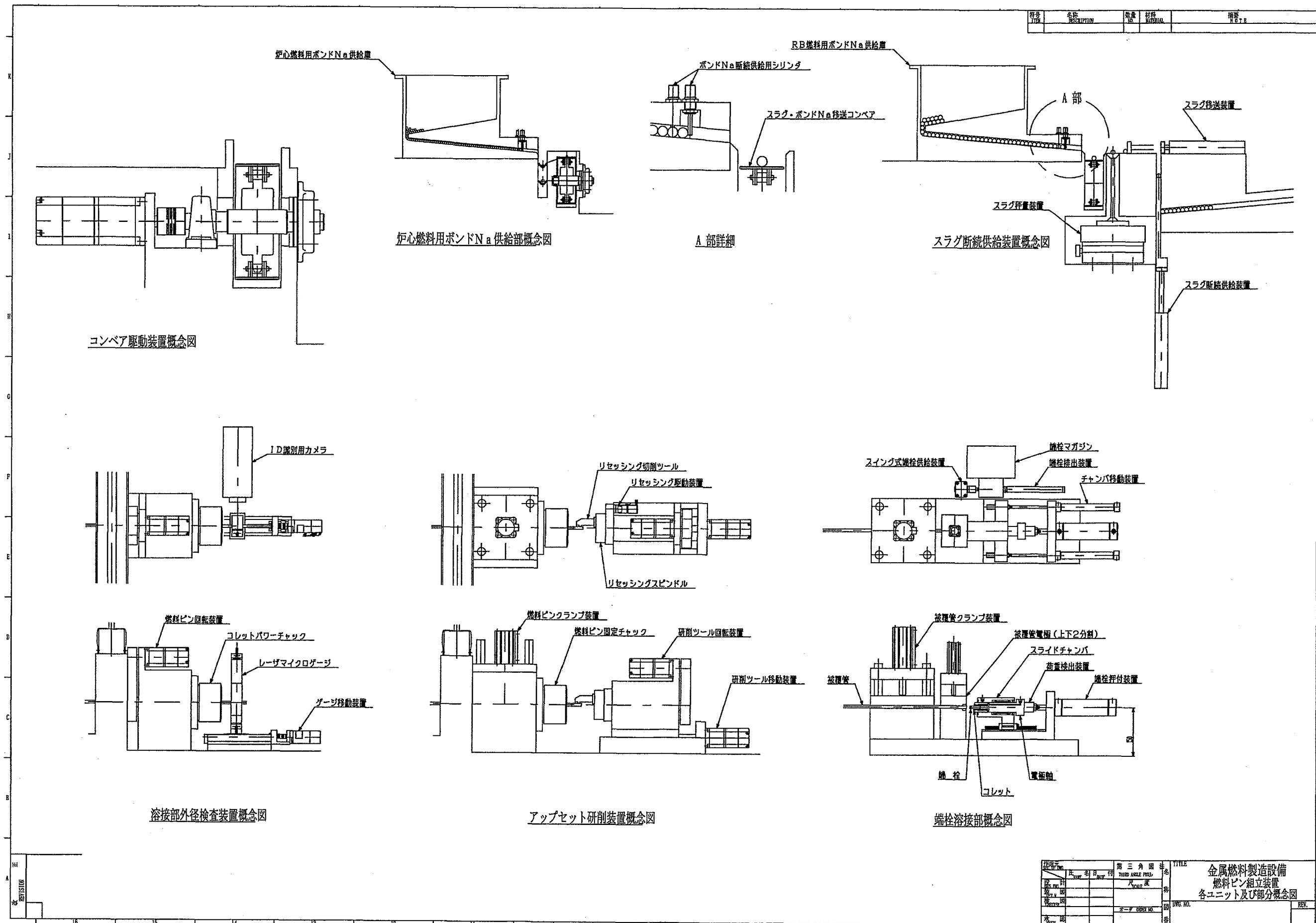


図 2.3-3 燃料ピン組立装置各ユニット及び部分概念図

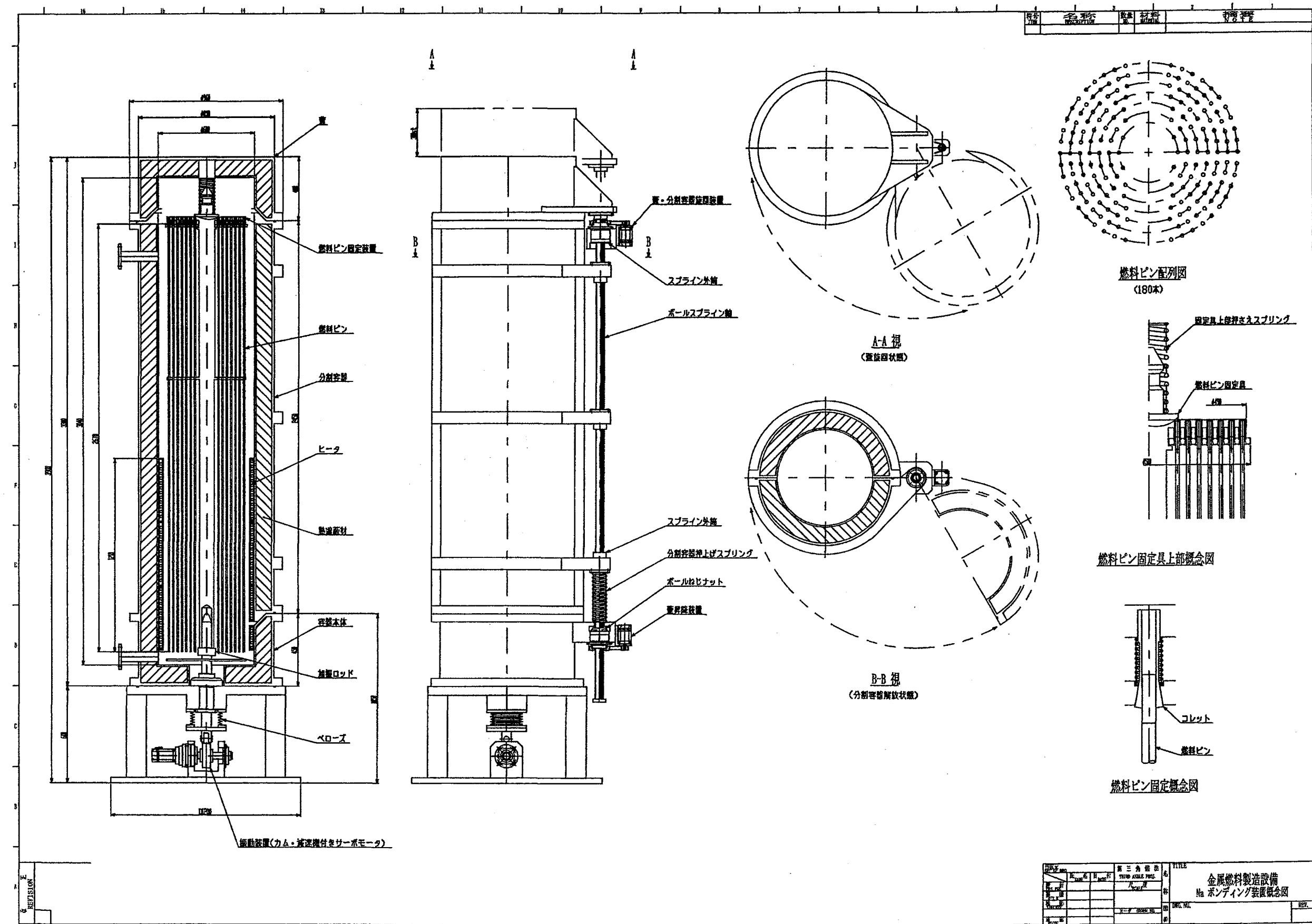
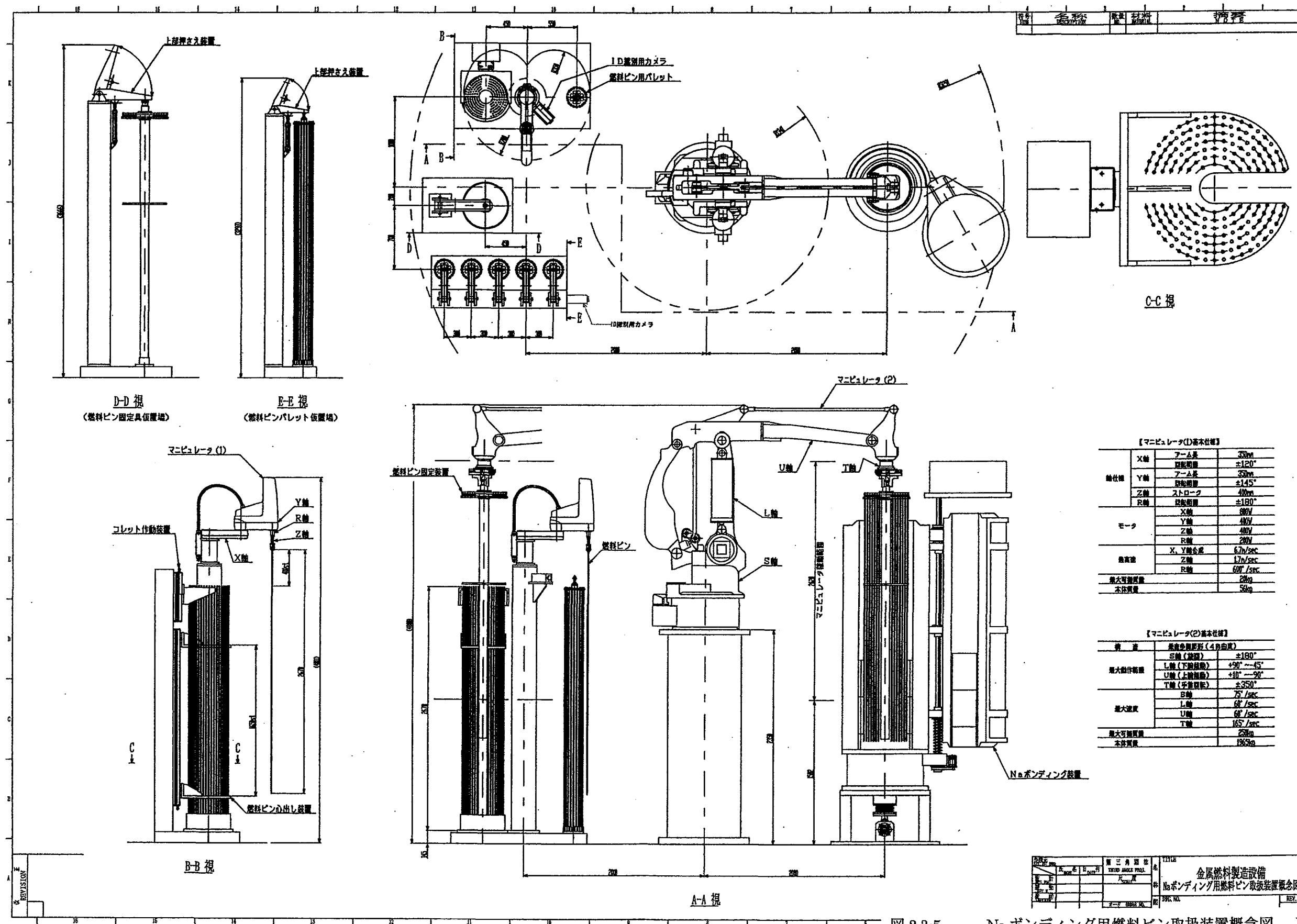


図 2.3-4 Na ボンディング装置概念図



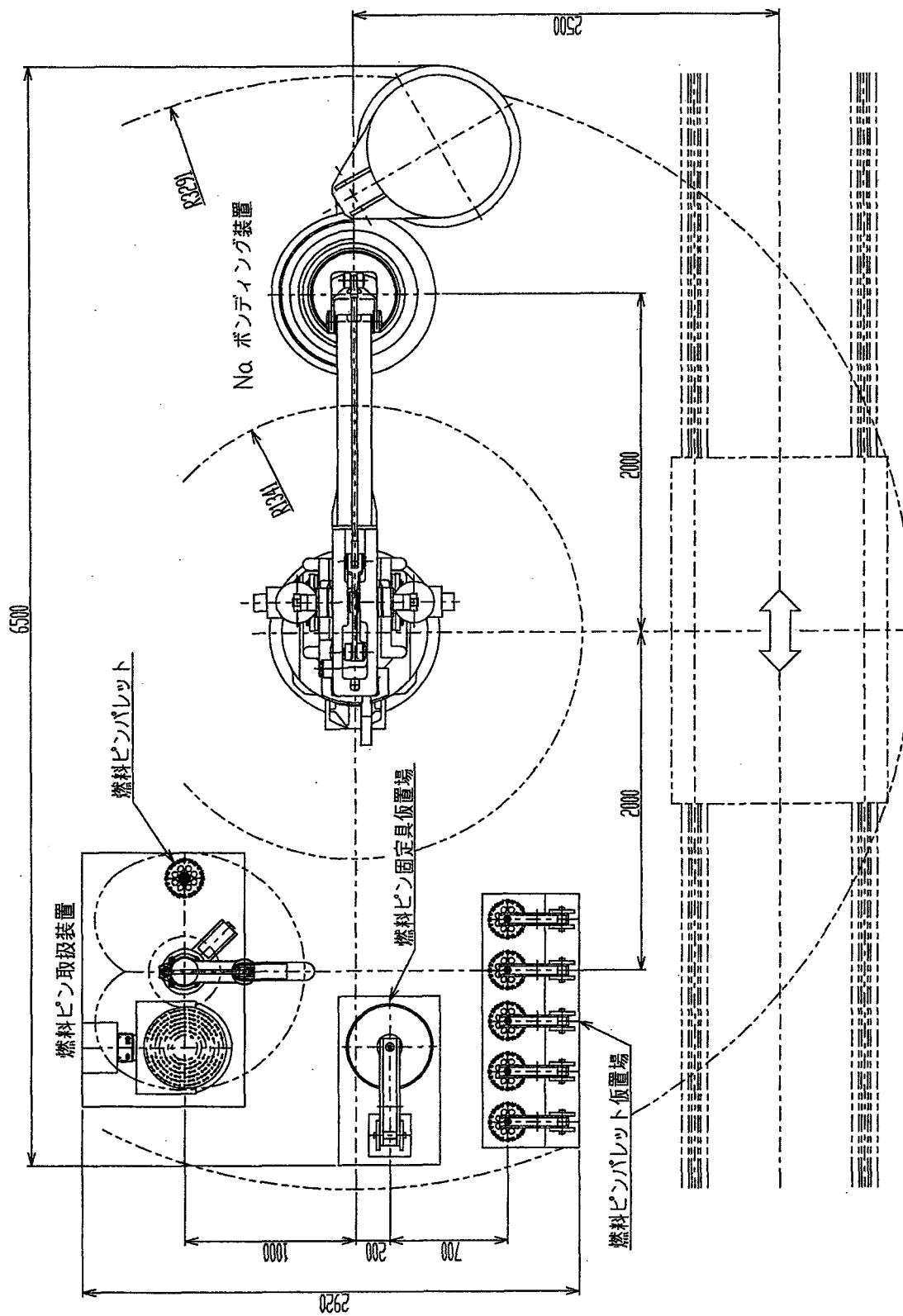


図 2.3-6 Naボンディング装置配置概念図

番号 ITEM	名 称 DESCRIPTION	数量 QUANTITY	材 料 MATERIAL	特 殊 NOTE
1	スカラ型搬送装置	1	~	
2	把持装置	1	~	

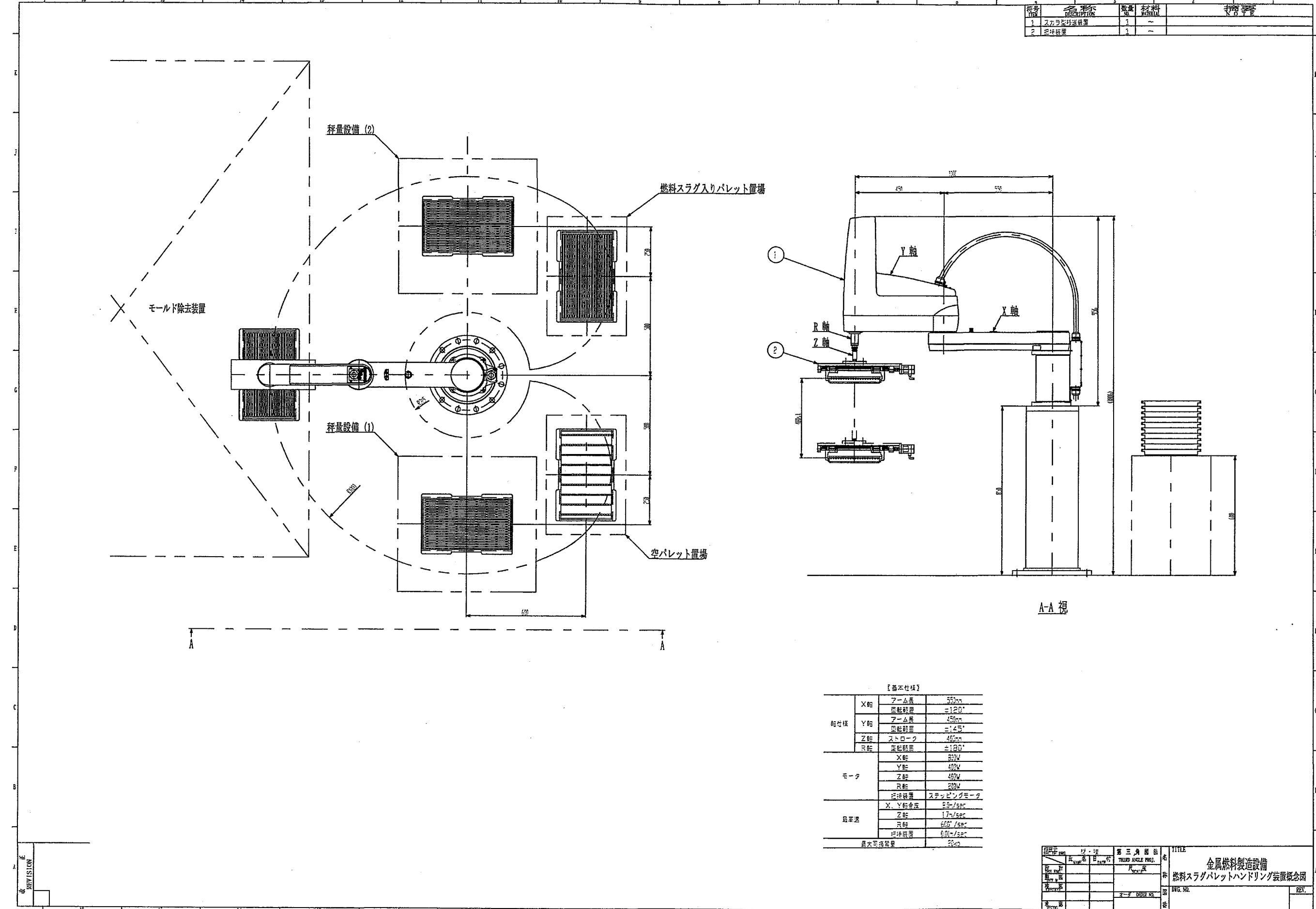


図 2.3-7 スラグパレットハンドリング装置概念図

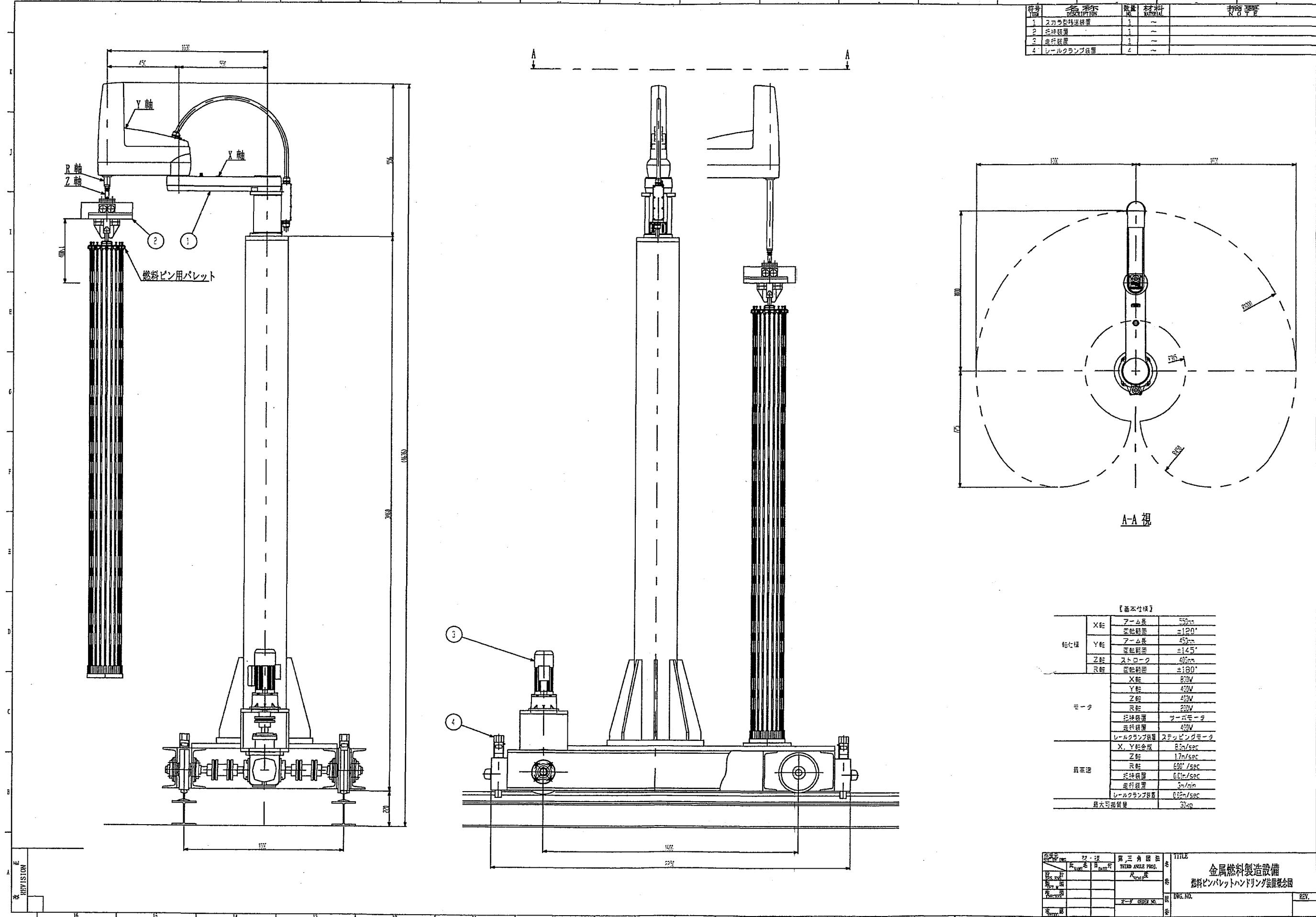


図 2.3-8 燃料ピンパレットハンドリング装置概念図

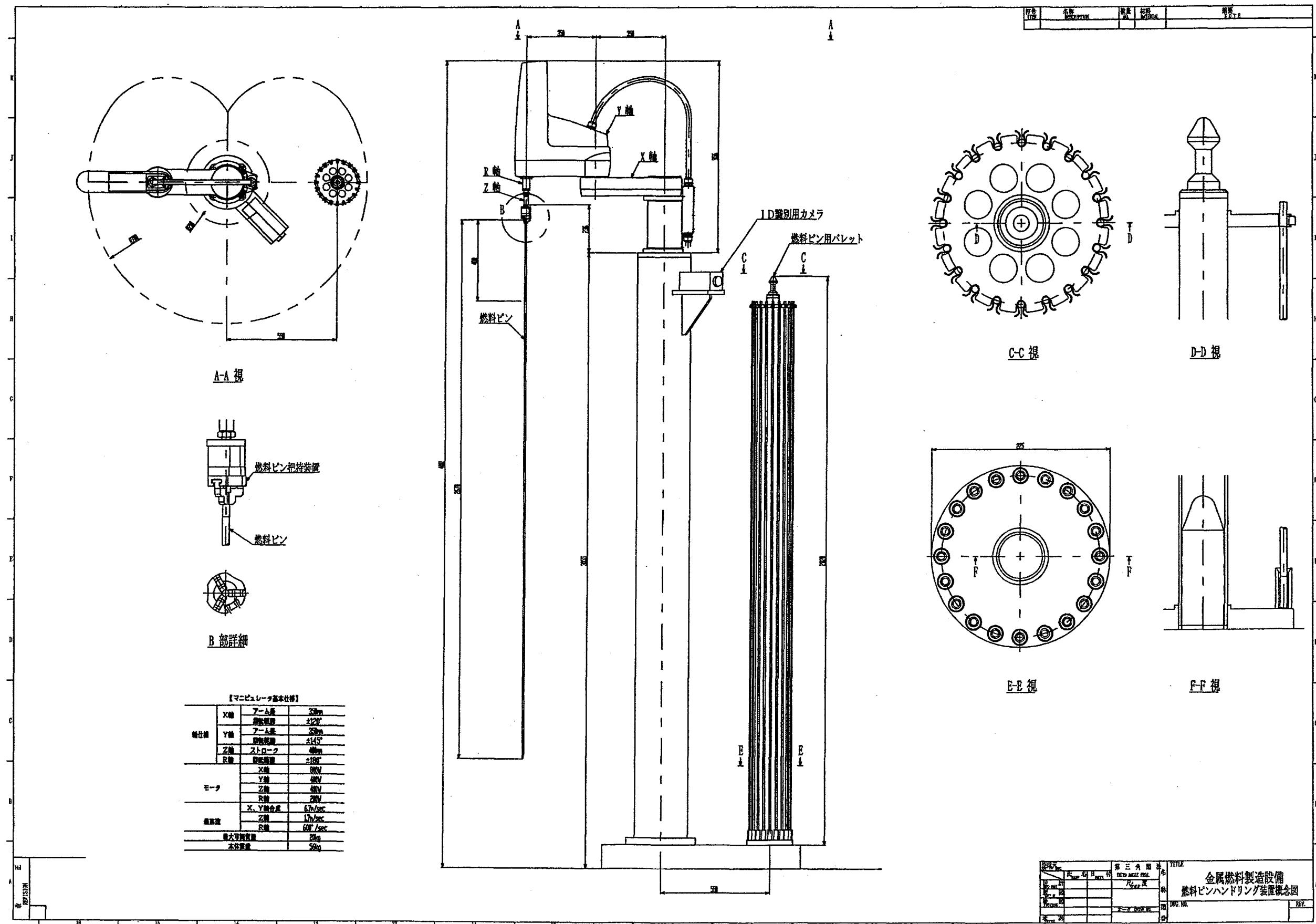


図 2.3-9 燃料ピンハンドリング装置概念図

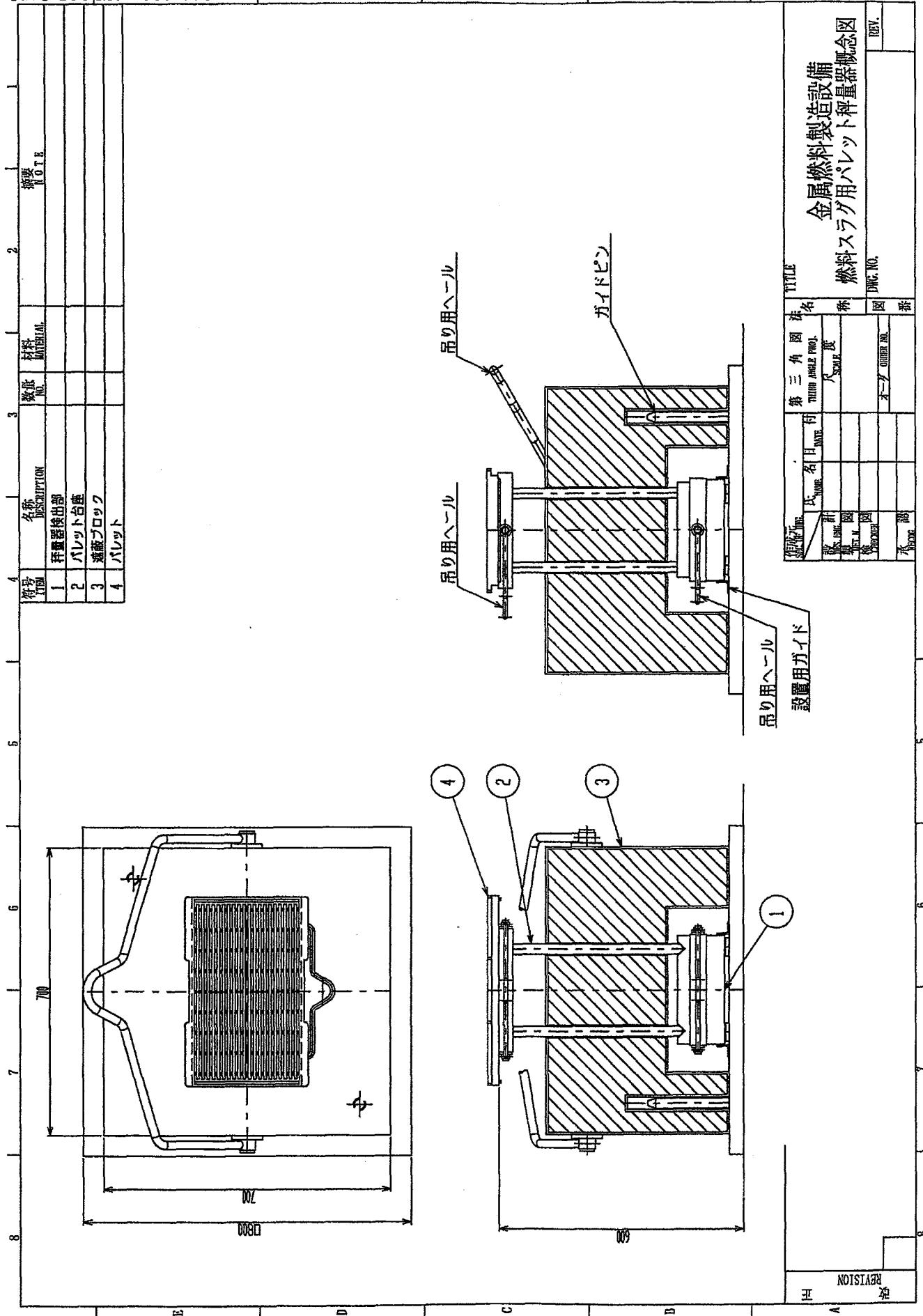


図 2.3-10 スラグパレット秤量器概念図

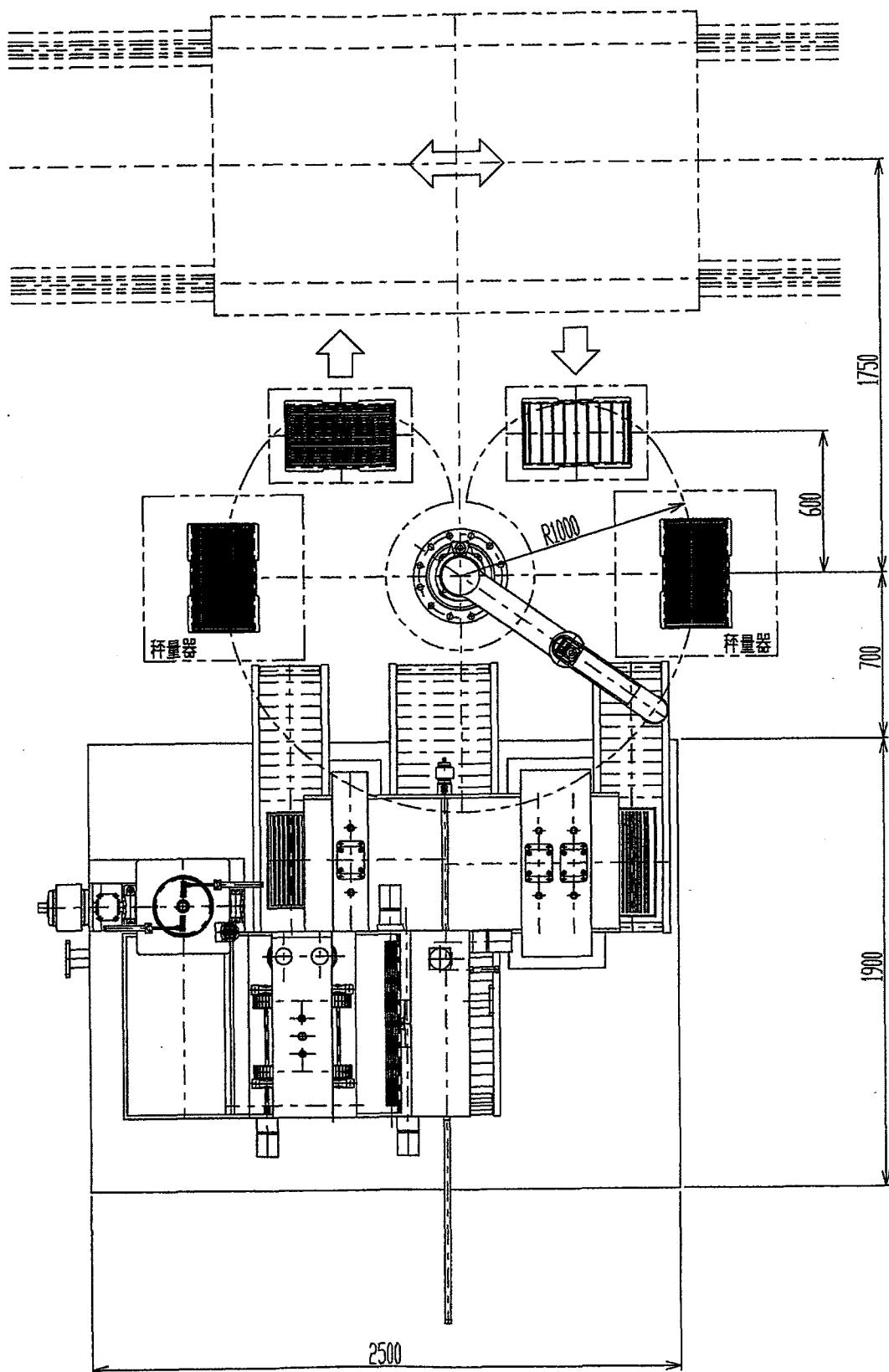


図 2.3-11 モールド除去装置配置概念図

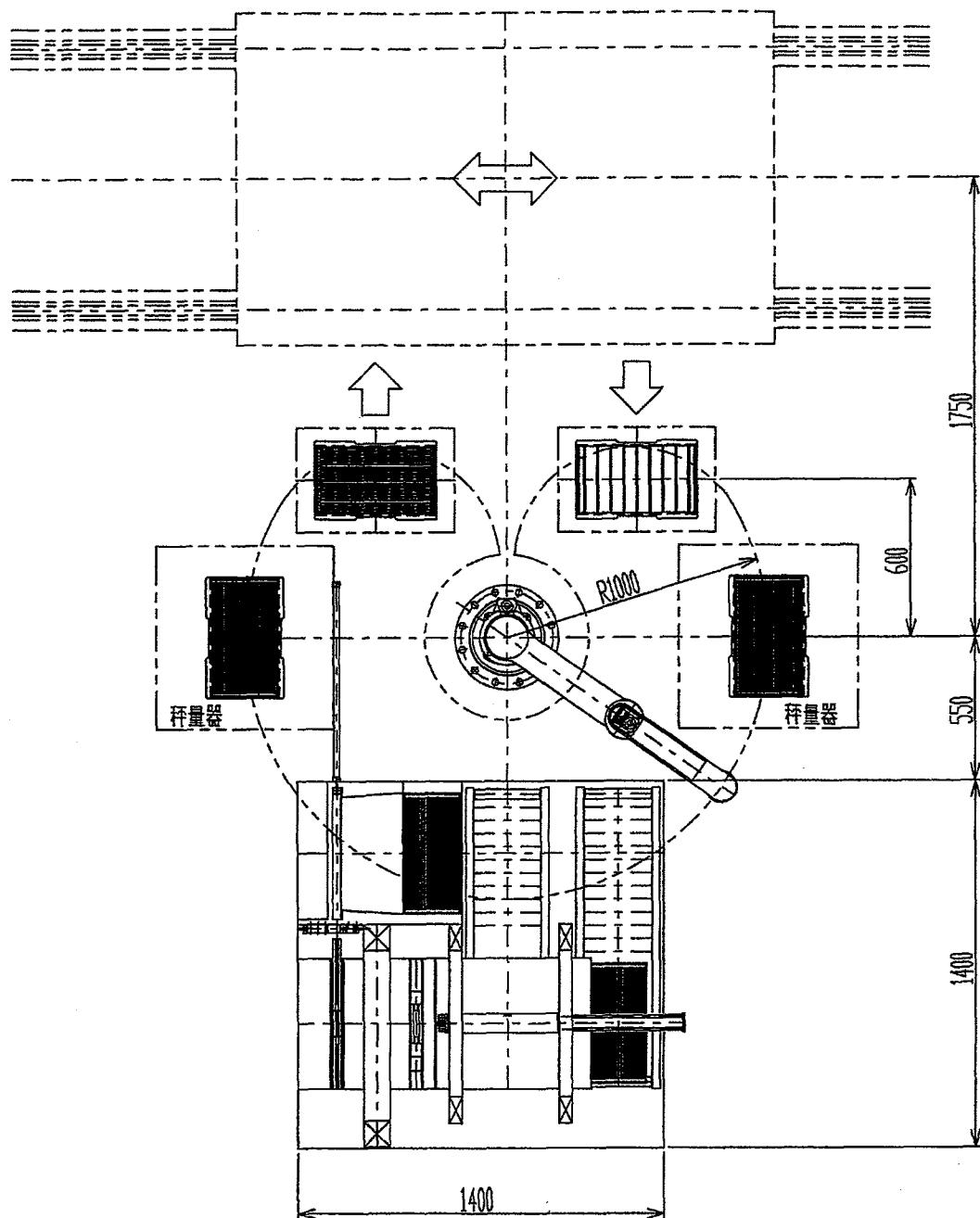


図 2.3-12 燃料スラグ検査装置配置概念図

3. ハンドリング時間を考慮した必要設備台数の見直し

2.2 節で実施した燃料ハンドリング・秤量設備の概念設計結果に基づき、燃料スラグ、燃料ピン等をハンドリングするための所要時間を概算評価し、工程系統図に反映させる。

燃料製造設備の主要機器の検討にあたっては、プロセス説明で記述されている処理能力を前提に検討する。

3.1 機器毎の処理時間の検討

主要機器の搬送装置、処理時間等を取りまとめたものを表 3.1-1 から表 3.1-4 に示す。

(1) 受入(払出)単位

主要機器で 1 バッチあたりに取り扱う燃料ピン数等を受入(払出)単位とし、以下の方針により設定した。

(a) 原料の受入貯蔵から燃料ピン組立まで

原料の受入貯蔵から燃料ピン組立までの機器の受入(払出)単位は射出成型装置のそれにあわせる。これは燃料ピンになるまでの工程の機器では質量制限により臨界管理を行っており、この質量制限値は射出成型での一つのるつぼに入れた核燃料の質量で設定していることによる。

ただし、径プランケット燃料ピン組立工程のみ、射出成型の受入(払出)単位の 2 倍とした。これは、径プランケット燃料用の射出成型において、1 回の射出成型で得られるスラグ本数が少なく、これにあわせて燃料ピンを組み立てると、燃料ピン組立装置へのスラグ等の搬入出頻度が増えるためである。なお、径プランケット燃料には Pu が含まれていないため、臨界管理上の質量の裕度が大きく、取扱量を増やしても支障がない。

(b) リーク検査から超音波検査まで

取扱対象は燃料ピンであり、大部分の機器で 1 本毎に処理するが、受入(払出)単位は、上流工程の燃料ピン組立装置の受入(払出)単位にあわせる。

(c) Na ボンディング

Na ボンディング工程は Na のひけ巣を作らないために、降温に時間を要し、1 バッチ/日の処理となる。また、径プランケット燃料ピンは炉心燃料ピンに比べ直径が約 2 倍、重量は約 4 倍であること、一方、生産燃料ピン数は約 1/14 であることを考慮し、炉心燃料の受入(払出)単位は処理単位である 180 本、径プランケット燃料ピンは 50 本とする。なお、この処理単位は臨界管理上支障ないと推定される。

(d) ボンディング検査から集合体組立まで

取扱対象は燃料ピンであり、大部分の機器で1本毎に処理するが、受入(払出)単位は、上流工程の燃料ピン組立装置の受入(払出)単位にあわせる。

(e) 燃料集合体検査

処理単位は集合体1体とする。

(2) 処理時間

各機器において、原料を受け入れ、処理をした後、製品を払い出し、次の原料の受け入れ準備ができるまでの時間を処理時間とした。処理時間は以下の関係で求めた。

$$[\text{処理時間}] = [1 \text{ 日あたりの必要処理量}] \div [\text{受入(払出)単位}] \times [\text{機器数}]$$

表 3.1-1 主要工程機器の処理時間等(1/4)

No.	機器名称	処理量 ⁽¹⁾	機器間 バッファ	搬送装置	U-Pu 合金			U 合金			U 金属			新 Zr		
					処理 時間 ⁽²⁾	処理 単位	受入単位 払出単位									
1	受入貯蔵庫	パレット 12 個/日 パレット 12 個/日	無	受入容器移送台車 原料パレット移送台車	2hr	パレット 1 個	パレット 1 個	2hr	パレット 1 個	パレット 1 個	2hr	パレット 1 個	パレット 1 個	2hr	パレット 1 個	パレット 1 個
2	受入秤量器	パレット 12 個/日 パレット 12 個/日	無	原料パレット移送台車 原料パレット移送台車	2hr	パレット 1 個	パレット 1 個	2hr	パレット 1 個	パレット 1 個	2hr	パレット 1 個	パレット 1 個	2hr	パレット 1 個	パレット 1 個
3	燃料成分調整装置	パレット 12 個/日 るっぽ 12 個/日	無	原料パレット移送台車 ヒール・スクラップ 移送台車 るっぽ移送台車	2hr	るっぽ 1 個	パレット 1 個 るっぽ 1 個	2hr	るっぽ 1 個	パレット 1 個 るっぽ 1 個	2hr	るっぽ 1 個	パレット 1 個 るっぽ 1 個	2hr	るっぽ 1 個	パレット 1 個 るっぽ 1 個

備考(1) 処理量はプロセス説明を参照。

(2) 処理時間は原料の受け入れから、処理、製品の払い出し、次の原料の受入準備完了までの時間を示す。処理時間の算出式は以下のとおり。

$$[\text{処理時間}] = [\text{処理量}] \div [\text{受入(払出)単位}] \times [\text{機器数}]$$

表 3.1-2 主要工程機器の処理時間等(2/4)

No.	機器名称	処理量 ⁽¹⁾	機器間 バッファ	搬送装置	IC 燃料			OC 燃料			AB 燃料			RB 燃料		
					処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位	処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位	処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位	処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位
4	射出成型装置 (4基)	るつぼ 12 個/日	無	るつぼ 移送台車 モールドパレット 移送台車	8hr	るつぼ 1個	るつぼ 1 個 モールド 1 組	IC 燃料に同じ			IC 燃料に同じ			IC 燃料に同じ		
5	モールド除去装置 (2基)	るつぼ 12 個/日 スラグ 12 パレット/日	無	モールドパレット 移送台車 スラグ移送台車	4hr	モールド 1本	モールド 1 組 スラグ 107 本 20 本/パレット× 6 パレット	4hr	モールド 1本	モールド 1 組 スラグ 77 本 20 本/パレット× 5 パレット	4hr	モールド 1本	モールド 1 組 スラグ 399 本 60 本/パレット× 7 パレット	4hr	モールド 1本	モールド 1 組 スラグ 46 本 10 本/パレット× 5 パレット
6	燃料スラグ 一時貯蔵庫	受入： モールド除去装置 払出 燃料スラグ検査装置	無	スラグ移送台車		パレット 5 個	スラグ 95 本 20 本/パレット× 5 パレット		パレット 4 個	スラグ 68 本 20 本/パレット× 4 パレット		パレット 6 個	スラグ 353 本 60 本/パレット× 6 パレット		パレット 5 個	スラグ 41 本 10 本/パレット× 5 パレット
7	燃料スラグ 検査装置 (2基)	スラグ 1283 本/日 スラグ 1283 本/日	無	スラグ移送台車 スラグ移送台車	3.6hr	スラグ 1本	同上	2.5hr	スラグ 1本	同上	13.2hr	スラグ 1本	同上	3.1hr	スラグ 1本	スラグ 82 本 10 本/パレット× 9 パレット
8	燃料スラグ 貯蔵庫	受入： 燃料スラグ検査装置 払出 燃料ピン組立装置	無	スラグ移送台車		パレット 5 個	スラグ 89 本 20 本/パレット× 5 パレット		パレット 4 個	スラグ 64 本 20 本/パレット× 4 パレット		パレット 6 個	スラグ 333 本 60 本/パレット× 6 パレット		パレット 9 個	スラグ 82 本 9 本/パレット× 9 パレット
9	燃料ピン組立装置 (溶接部分外径検査を含む)	炉心燃料： スラグ 1212 本/日 径プランケット燃料： スラグ 909 本/日 燃料ピン 303 本/日	無	スラグ移送台車 燃料ピン移送台車	3.5hr	燃料ピン 1本	スラグ 89 本 20 本/パレット× 5 パレット 燃料ピン 44 本 20 本/パレット× 3 パレット	2.5hr	燃料ピン 1本	スラグ 64 本 20 本/パレット× 4 パレット 燃料ピン 31 本 20 本/パレット× 2 パレット	3.45hr	燃料ピン 1本	IC の場合 スラグ 89 本 60 本/パレット× 2 パレット OC の場合 スラグ 64 本 60 本/パレット× 2 パレット IC 又は OC に 同じ	2.1hr	燃料ピン 1本	スラグ 82 本 10 本/パレット× 9 パレット 燃料ピン 27 本 10 本/パレット× 3 パレット

備考(1) 処理量はプロセス説明を参照。

(2) 処理時間は原料の受け入れから、処理、製品の払い出し、次の原料の受入準備完了までの時間を示す。処理時間の算出式は以下のとおり。

$$[\text{処理時間}] = [\text{処理量}] \div [\text{受入(払出)単位}] \times [\text{機器数}]$$

表 3.1-3 主要工程機器の処理時間等(3/4)

No.	機器名称	処理量 ⁽¹⁾	機器間 バッファ	搬送装置	IC 燃料			OC 燃料			径プランケット燃料		
					処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位	処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位	処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位
10	リーク検査装置	燃料ピン 303 本/日	払出単位	燃料ピン 移送台車	3.4hr	燃料ピン 5 本	燃料ピン 44 本 20 本/パレット× 3 パレット	2.5hr	燃料ピン 5 本	燃料ピン 32 本 20 本/パレット× 2 パレット	2.1hr	燃料ピン 5 本	燃料ピン 27 本 10 本/パレット× 3 パレット
11	表面除染装置	同上	同上	同上	同上	燃料ピン 1 本	同上	同上	燃料ピン 1 本	同上	同上	燃料ピン 1 本	同上
12	表面汚染検査装置	同上	同上	燃料ピン 移送台車 セル間 移送装置	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
13	超音波検査装置	同上	同上	セル間 移送装置 燃料ピン 移送台車	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
14	燃料ピン一時貯蔵庫	同上 炉心燃料ピン 56397 本/160 日 径プランケット燃料ピン 4077 本/40 日	同上	燃料ピン 移送台車		パレット 1 個	同上		パレット 1 個	同上		パレット 1 個	同上
15	Na ボンディング装置 (2 基)	炉心燃料ピン 56397 本/160 日 径プランケット燃料ピン 4077 本/日	払出単位	同上	24hr	燃料ピン 180 本	同上	24hr	燃料ピン 180 本	同上	24hr	燃料ピン 50 本	同上
16	ボンディング検査装置	燃料ピ ン 303 本/日	払出単位	同上	3.4hr	燃料ピ ン 1 本	同上	2.5hr	燃料ピ ン 1 本	同上	2.1hr	燃料ピ ン 1 本	同上
17	ワイヤラッピング装置	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
18	燃料ピン検査装置	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上
19	燃料ピン一時貯蔵庫	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上

備考(1) 処理量はプロセス説明を参照。

(2) 処理時間は原料の受け入れから、処理、製品の払い出し、次の原料の受入準備完了までの時間を示す。処理時間の算出式は以下のとおり。

$$[\text{処理時間}] = [\text{処理量}] \div [\text{受入(払出)単位}] \times [\text{機器数}]$$

表 3.1・4 主要工程機器の処理時間等(4/4)

No.	機器名称	処理量 ⁽¹⁾	機器間 バッファ	搬送装置	IC 燃料			OC 燃料			径プランケット燃料		
					処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位	処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位	処理 ⁽²⁾ 時間	処理 単位	受入単位 払出単位
20	燃料識別検査装置	炉心燃料ピゾン 303 本/日	払出単位	燃料要素 移送台車	3.4hr	燃料ピゾン 1 本	燃料ピゾン 44 本 20 本/パレット× 3 パレット	2.5hr	燃料ピゾン 1 本	燃料ピゾン 32 本 20 本/パレット× 2 パレット	2.1hr	燃料ピゾン 1 本	燃料ピゾン 27 本 10 本/パレット× 3 パレット
21	燃料集合体組立装置	同上	無	燃料要素 移送台車 燃料集合体 移送装置	同上	同上	同上 集合体 1 体	同上	同上	同上 集合体 1 体	同上	同上	同上 集合体 1 体
22	燃料集合体検査装置	集合体 1 体	無	燃料集合体 移送装置	24hr	集合体 1 体	集合体 1 体	24hr	集合体 1 体	集合体 1 体	24hr	集合体 1 体	集合体 1 体

備考(1) 処理量はプロセス説明を参照。
 (2) 処理時間は原料の受け入れから、処理、製品の払い出し、次の原料の受入準備完了までの時間を示す。処理時間の算出式は以下のとおり。

$$[\text{処理時間}] = [\text{処理量}] \div [\text{受入(払出)単位}] \times [\text{機器数}]$$

3.2 移送台車の運転時間の検討

移送台車による、燃料スラグパレット等の移動時間、移送台車の移動時間を設定し、移送台車の運転時間を検討した。検討条件は以下のとおり。

- ・ 燃料スラグ等のパレットの移動(処理装置から移送台車へ移す等)は1パレット当り1分とする。
- ・ 移送台車の移動速度は3m/分とする。処理装置間の移動距離はH15年度の検討結果の配置図^[2]に基づく。

移送台車に係る取扱時間の評価結果を表3.2-1から表3.2-14に示す。H15年度の検討結果^[2]に対し、スラグ容器移送台車を1台から3台に増やした。これは、燃料スラグの動線をモールド除去装置、燃料スラグ検査装置、燃料ピン組立装置と一方向にすることで、スラグ移送容器移送台車の動きを円滑にするとともに、必要な処理時間を確保するためである。H15年度の検討結果^[2]では、燃料スラグ一時貯蔵庫は燃料スラグをモールド除去装置と燃料スラグ検査装置から受け入れるとともに、燃料スラグ検査装置と燃料ピン組立装置に払い出す工程となっている。しかも各装置に約2時間で燃料スラグを受け払いする必要がある。本年度はスラグ容器移送台車を3台とし、各台車の移送範囲を分離して、各処理装置へのスラグの移送時間を確保した。また、ヒール・スクランプ移送台車を追加した。これはH15年度の検討結果^[2]からスラグせん断片を燃料成分調整に適用する方式を変更したこと及びスラグのスペックアウト品やヒールの処理に係る機器数が多く、専用の移送台車を設けることが適切と判断されたためである。

なお、その他の移送台車の各処理装置へ移送時間は適切に確保できている。

表 3.2-1 受入容器移送台車の運転時間

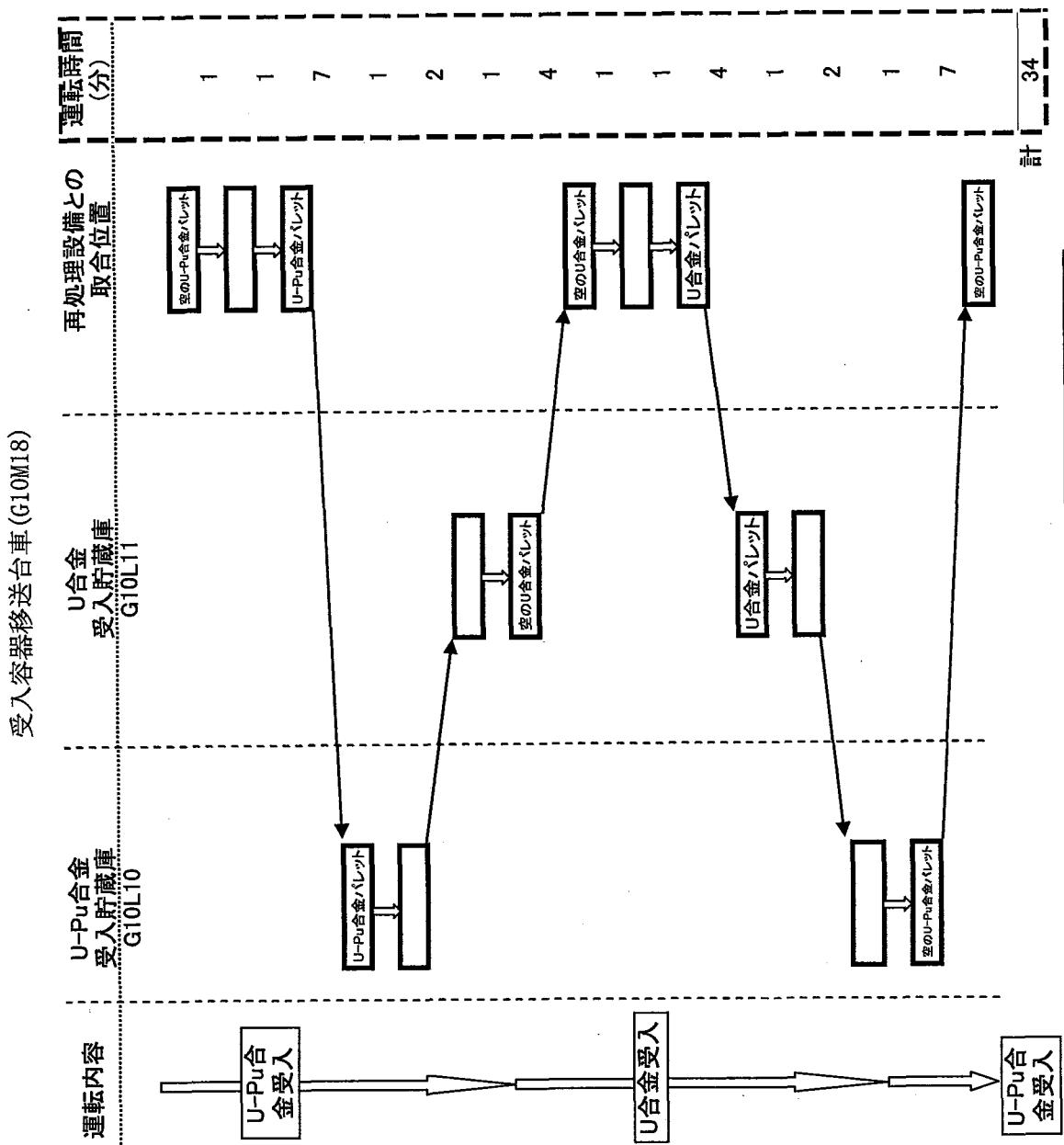


表3.2-2 原料パレット移送台車の運転時間(その1)

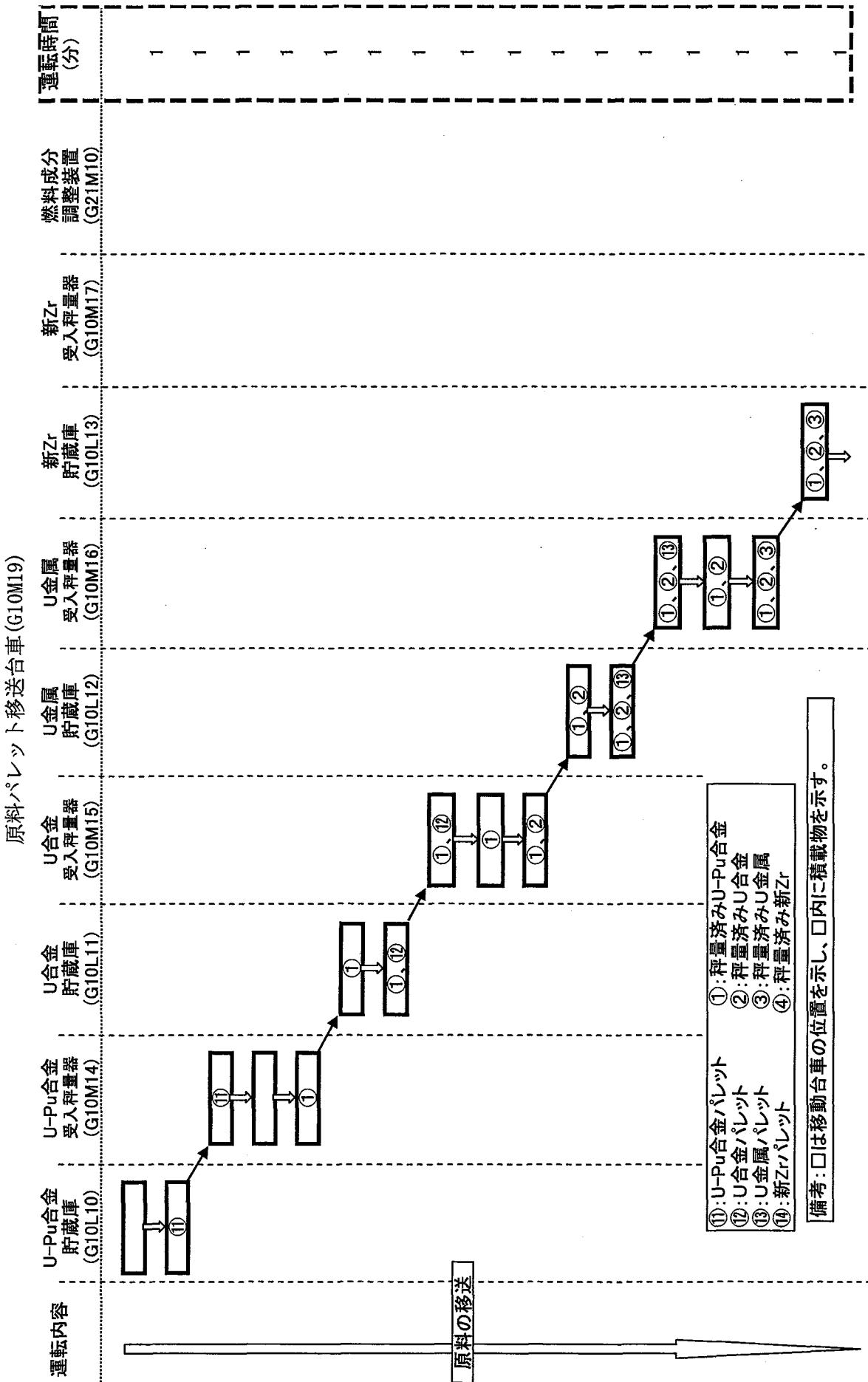


表 3.2-3 原料パレット移送台車の運転時間(その2)

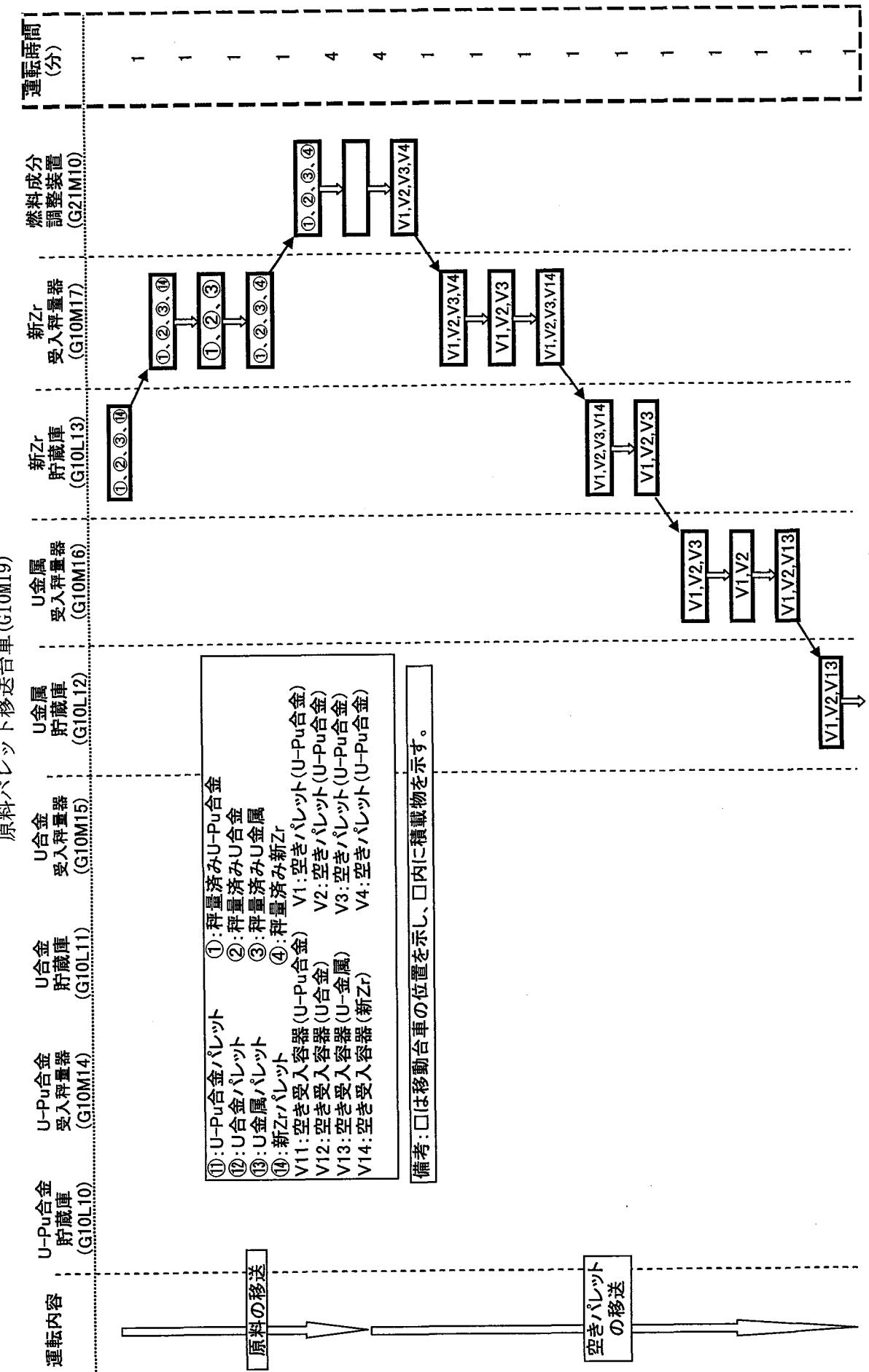


表 3.2-4 原料パレット移送台車の運転時間(その3)

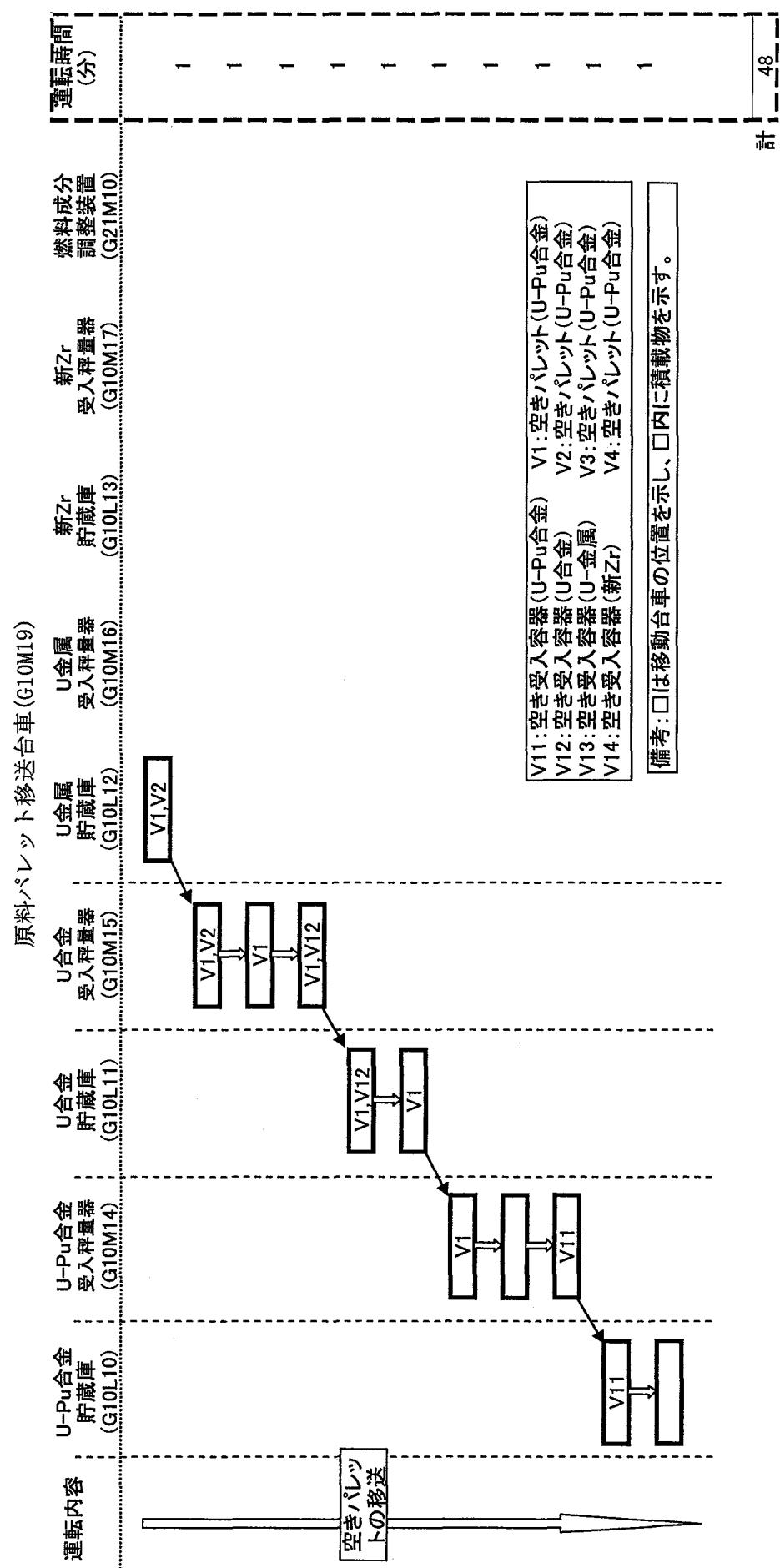
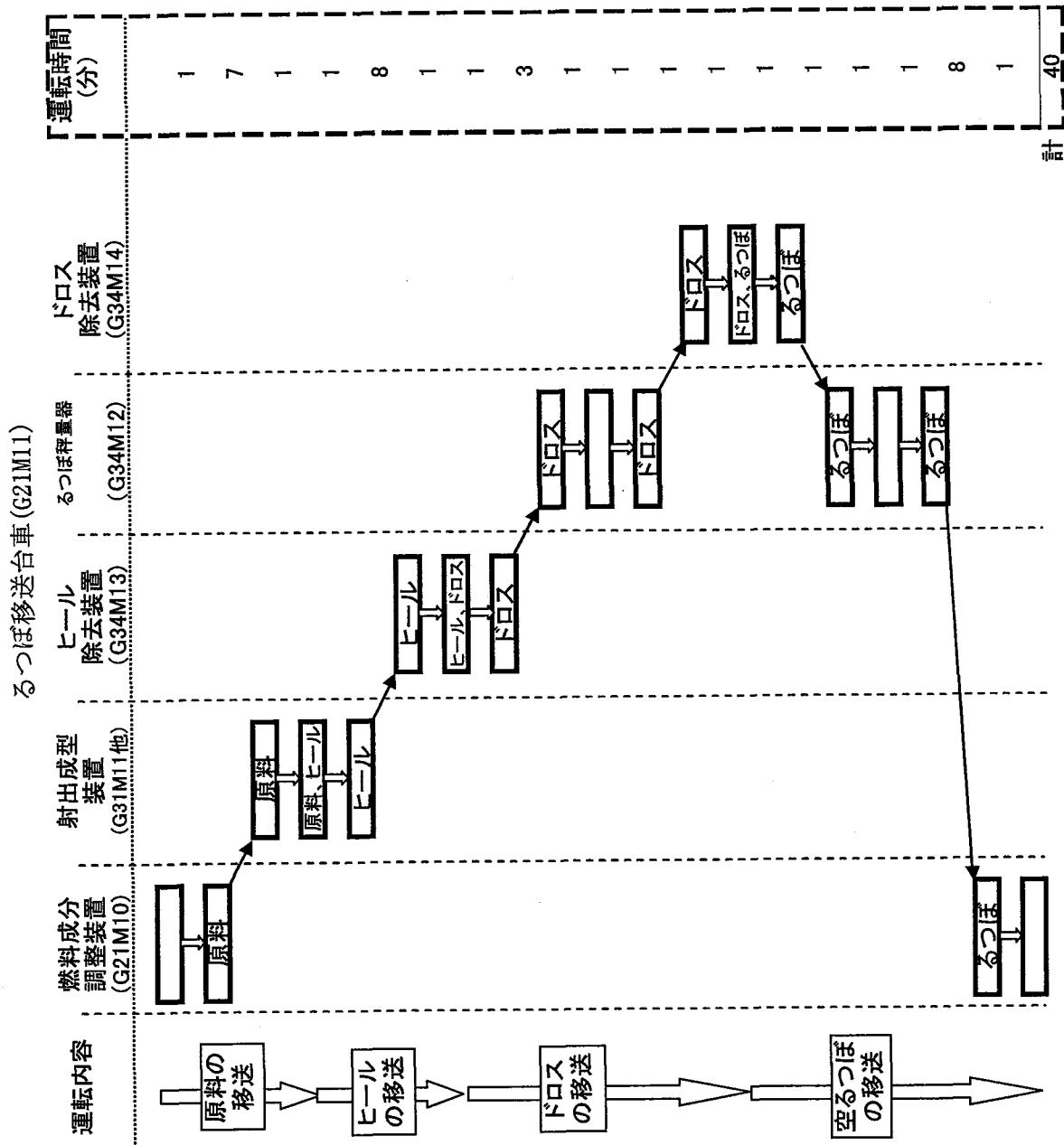


表 3.2-5 るっぽ移送台車の運転時間



備考: 口は移動台車の位置を示し、口内に積載物を示す。

表 3.2-6 スラグ容器移送台車 A の運転時間

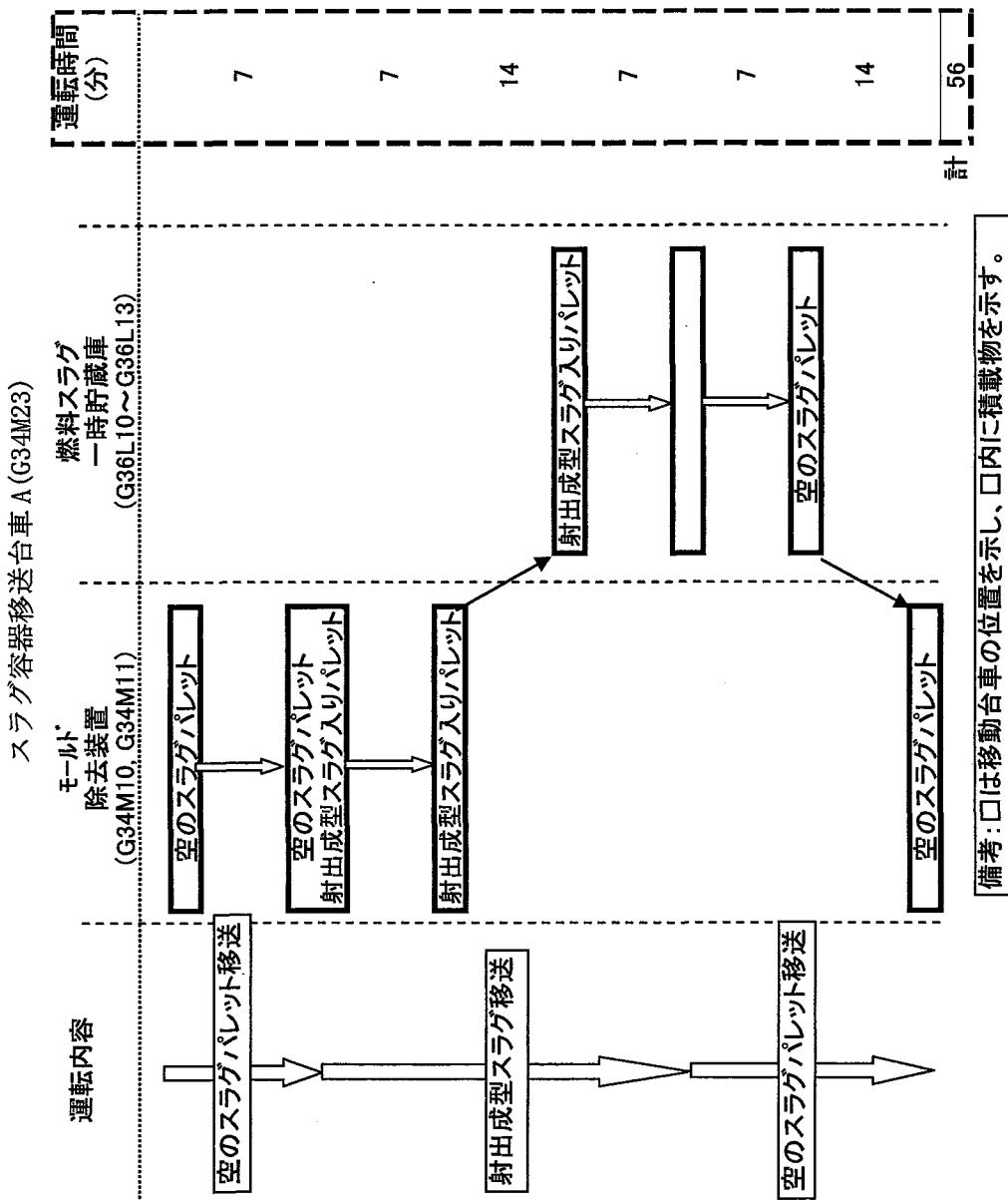


表 3.2-7 スラグ容器移送台車Bの運転時間

スラグ容器移送台車B (G35M13)

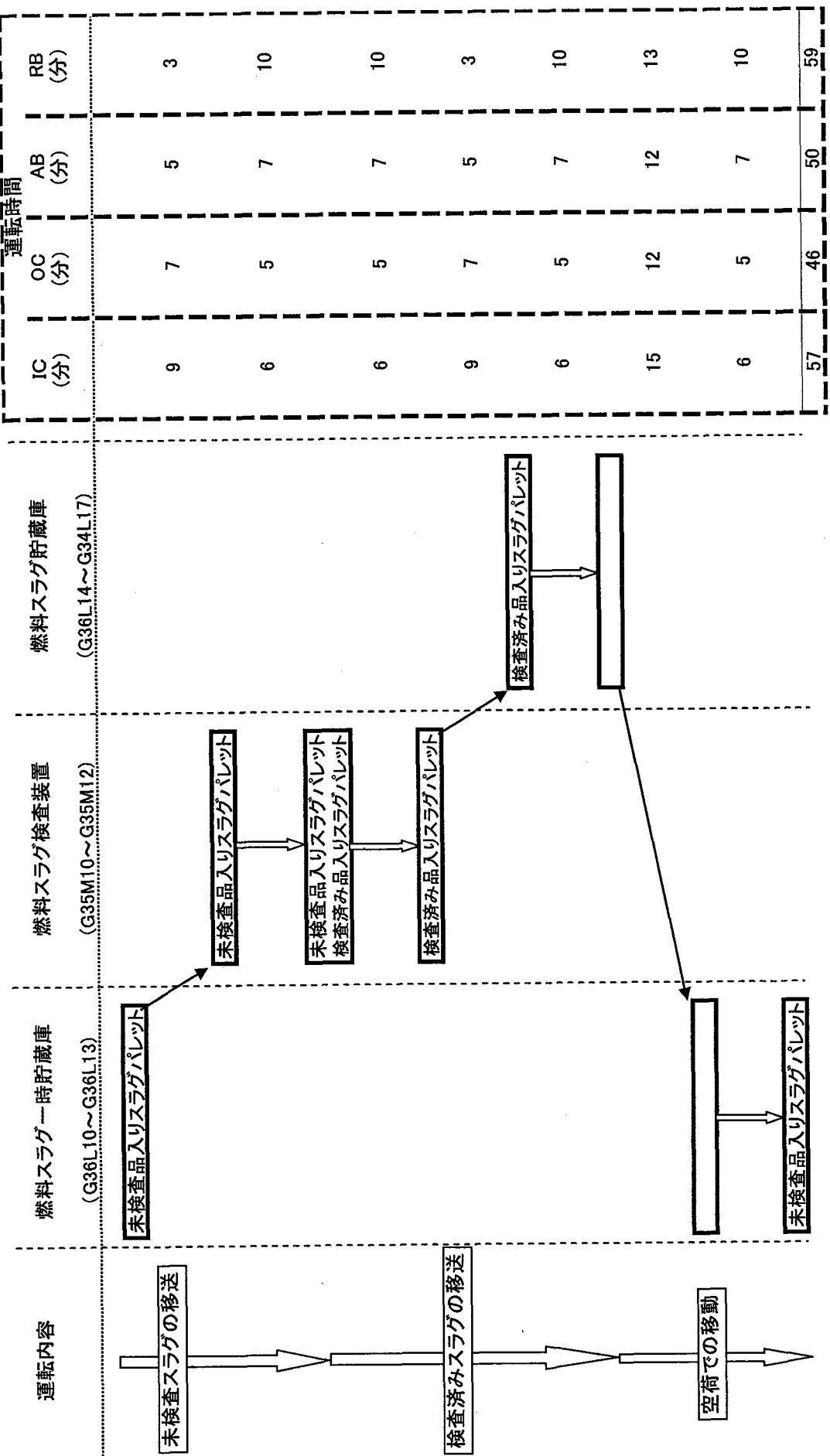


表 3. 2-8

スラグ容器移送台車Cの運転時間(炉心燃料の場合)

スラグ容器移送台車C(G36M18)

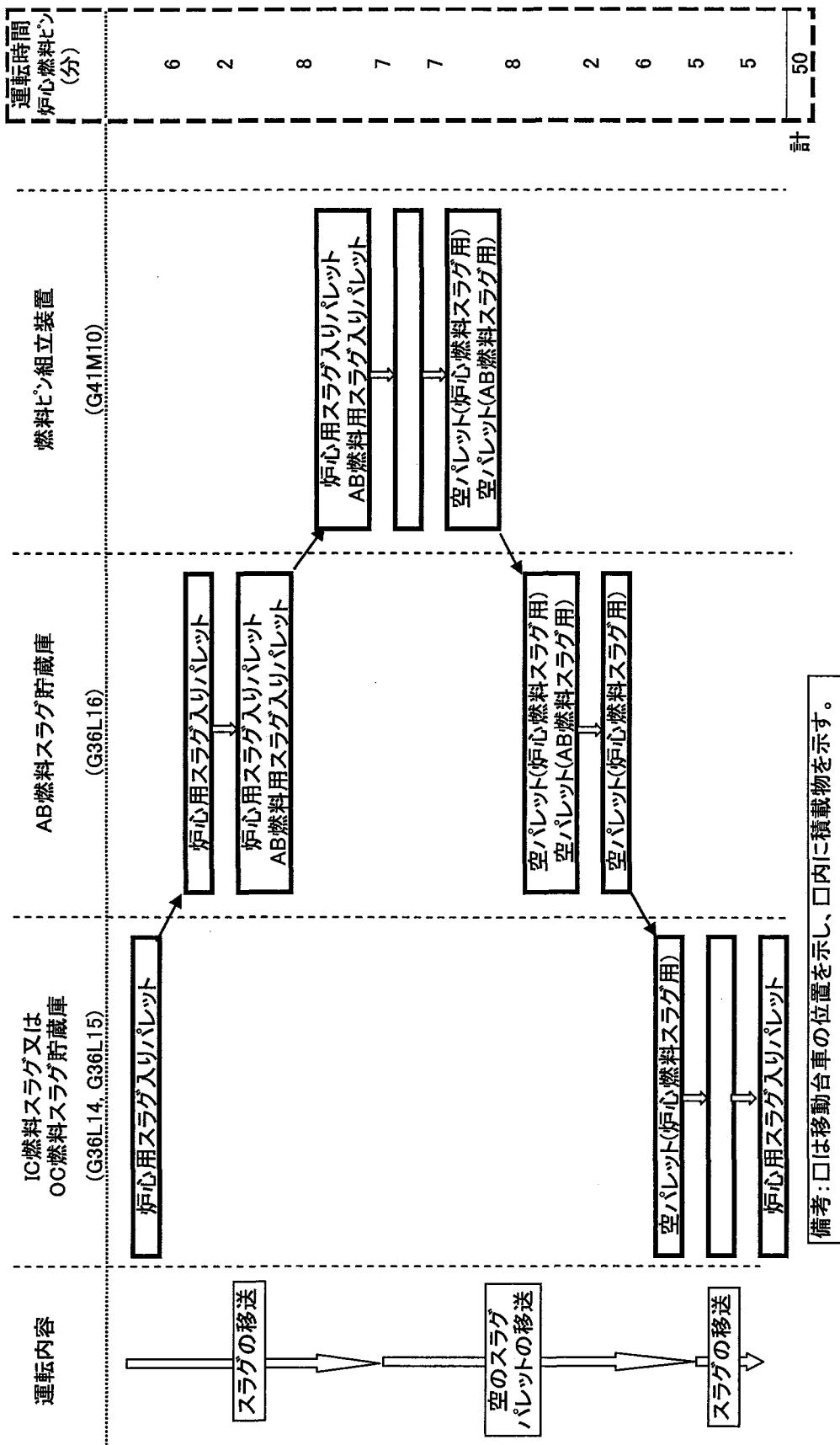


表 3.2-9 スラグ容器移送台車 C の運転時間 (径プランケット燃料の場合)
スラグ容器移送台車 C (G36M18)

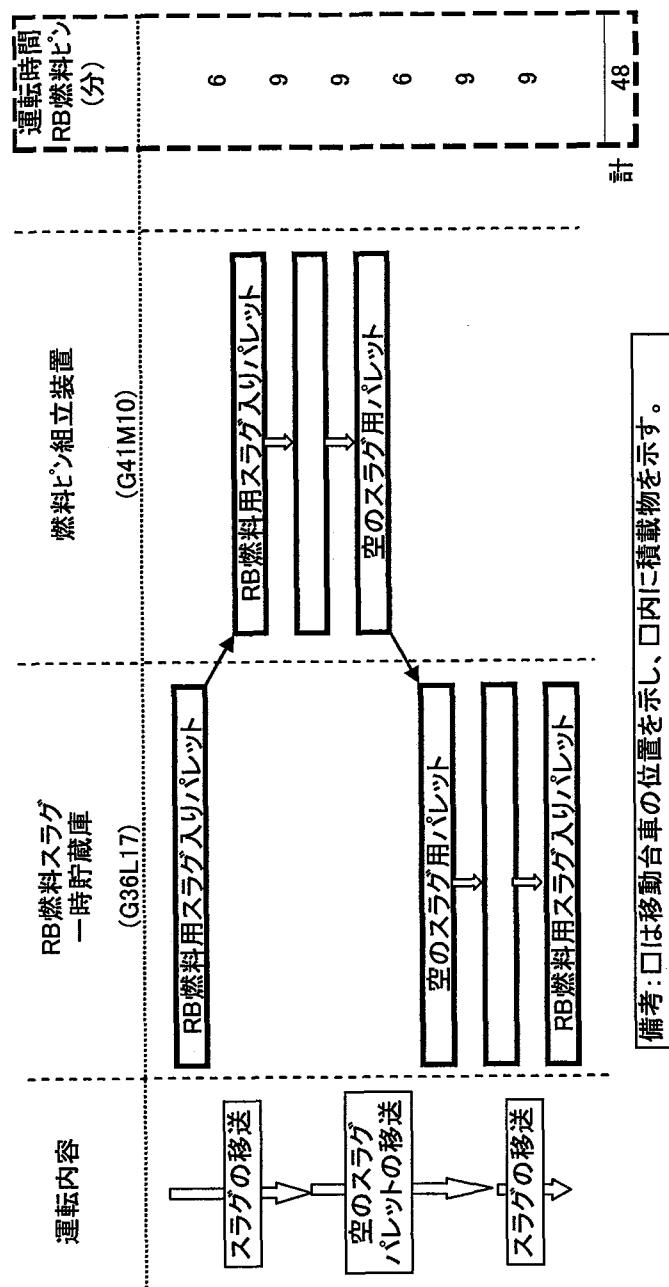


表 3.2-10 ヒール・スクラップ移送台車の運転時間(その1)

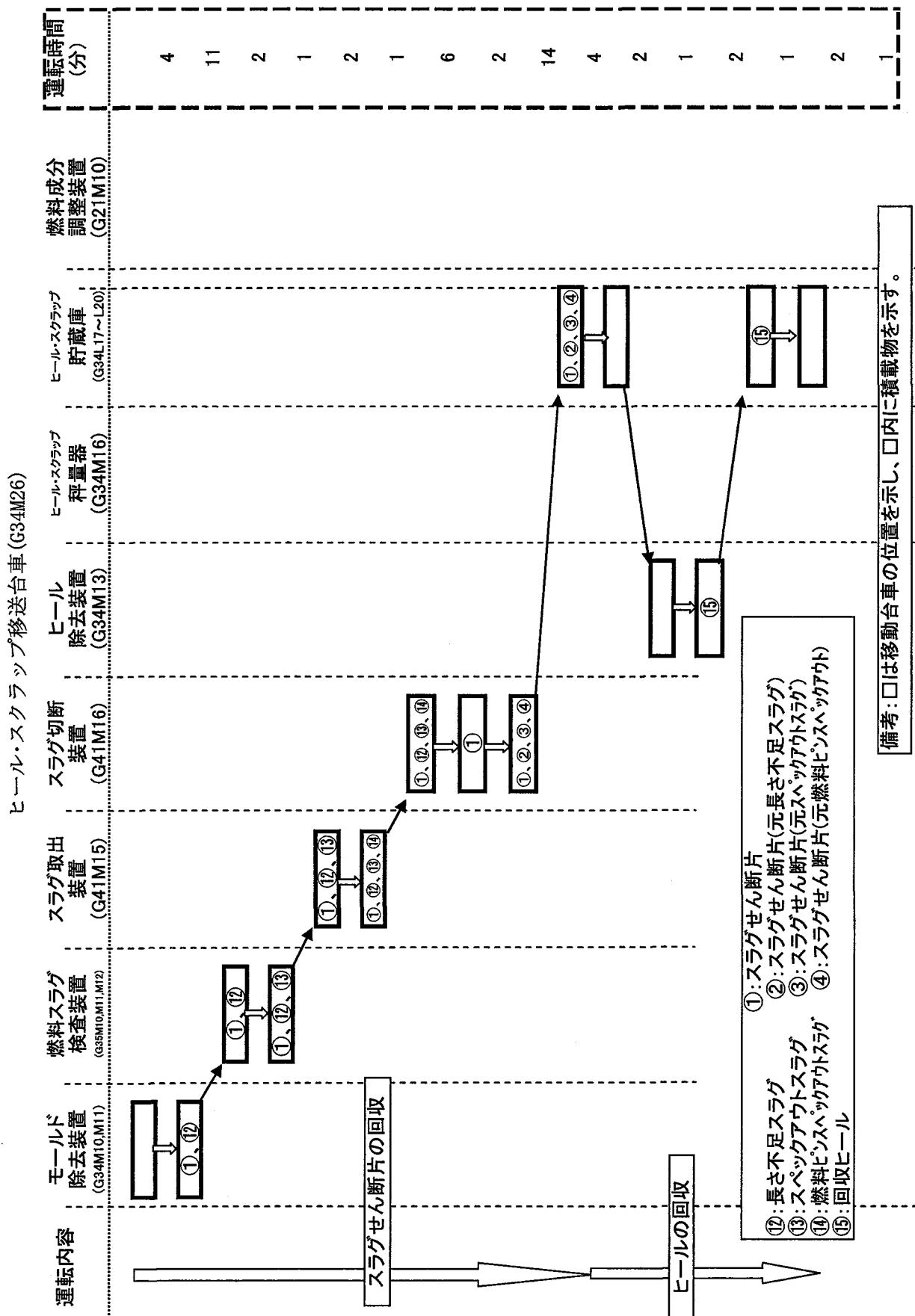


表 3.2-11 ヒール・スクラップ移送台車の運転時間(その2)

ヒール・スクラップ移送台車(G34M26)

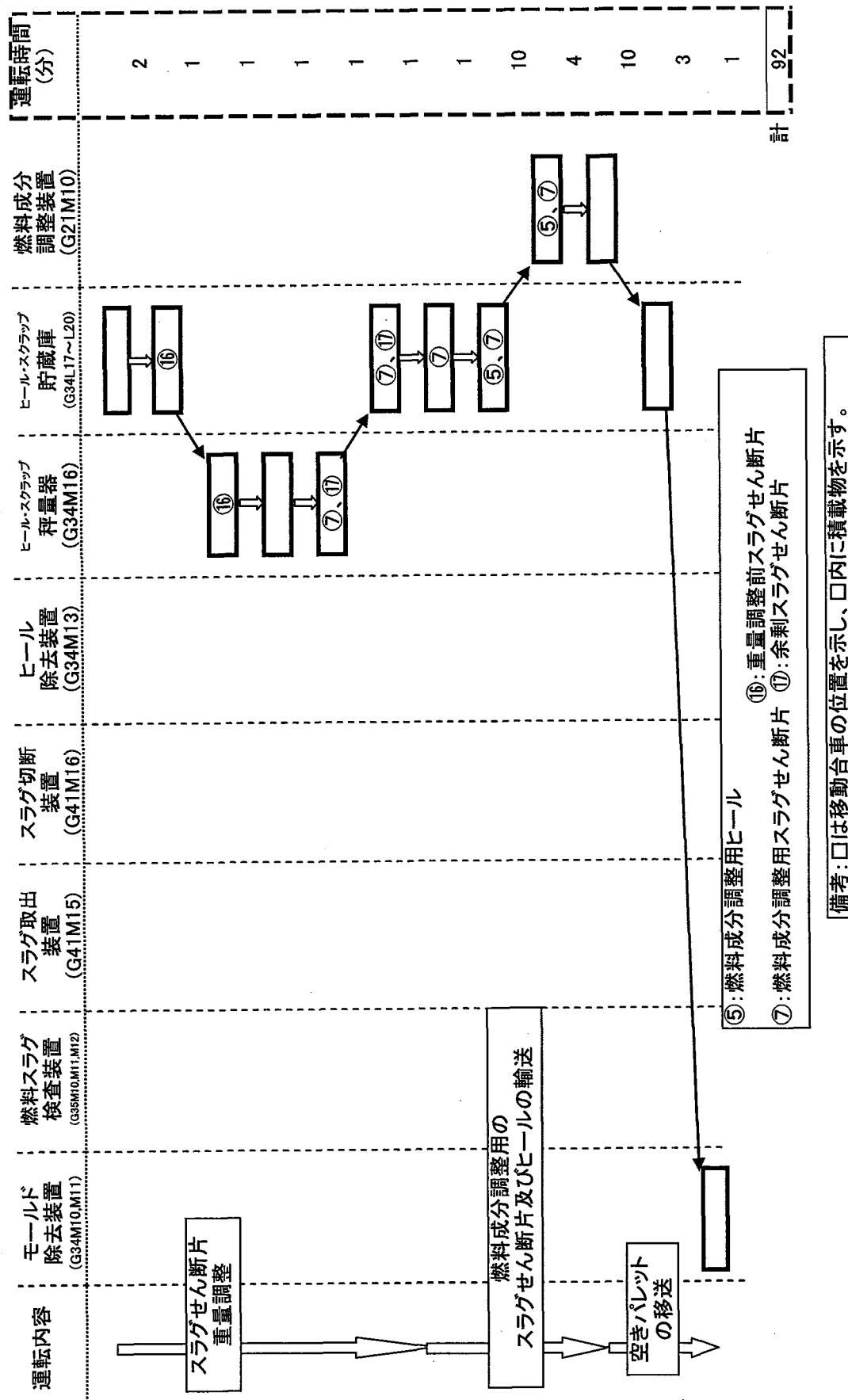


表 3.2-12 燃料ピン移送台車 A の運転時間

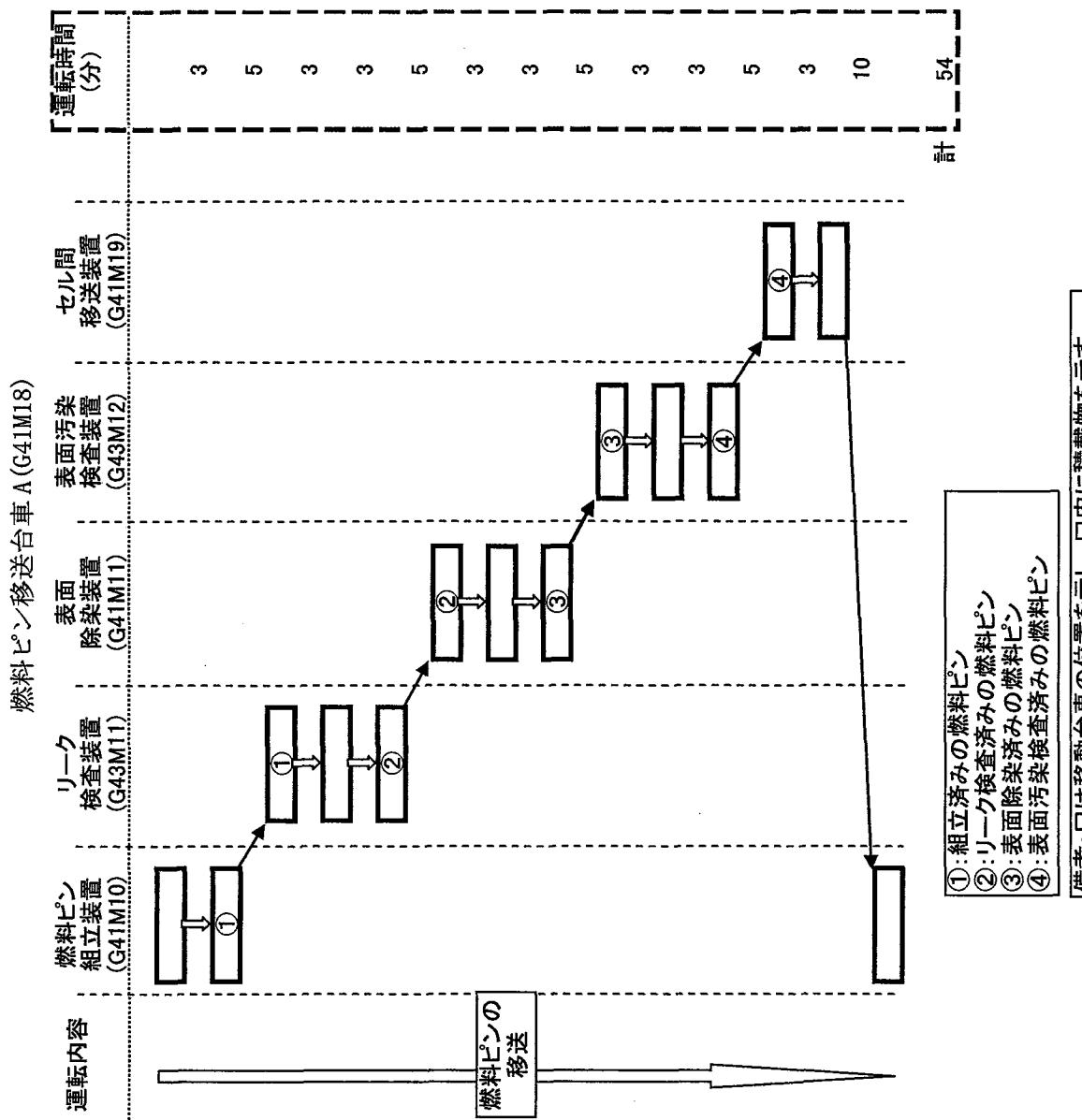


表 3.2-13 燃料ピン移送台車Bの運転時間(その1)

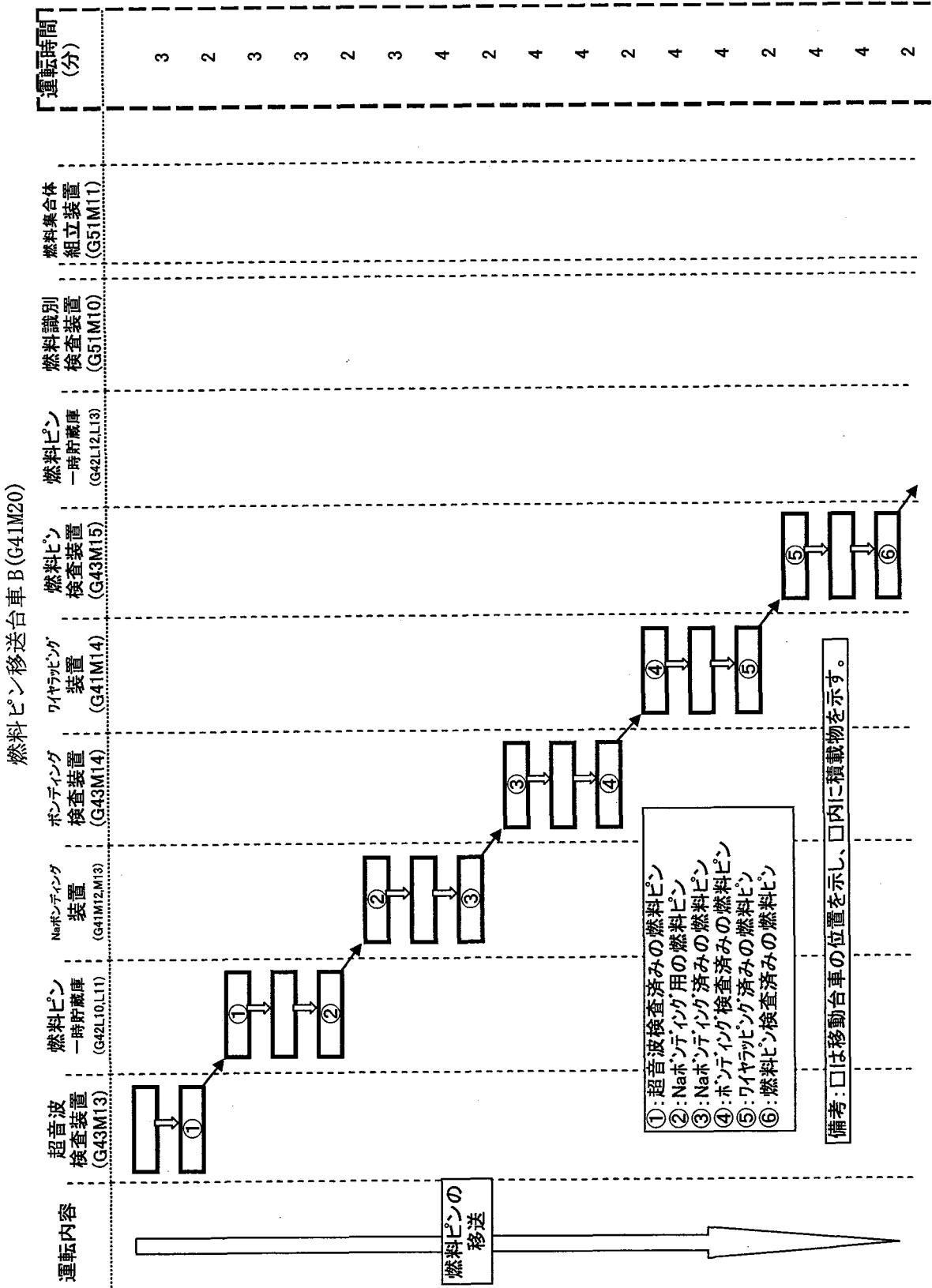
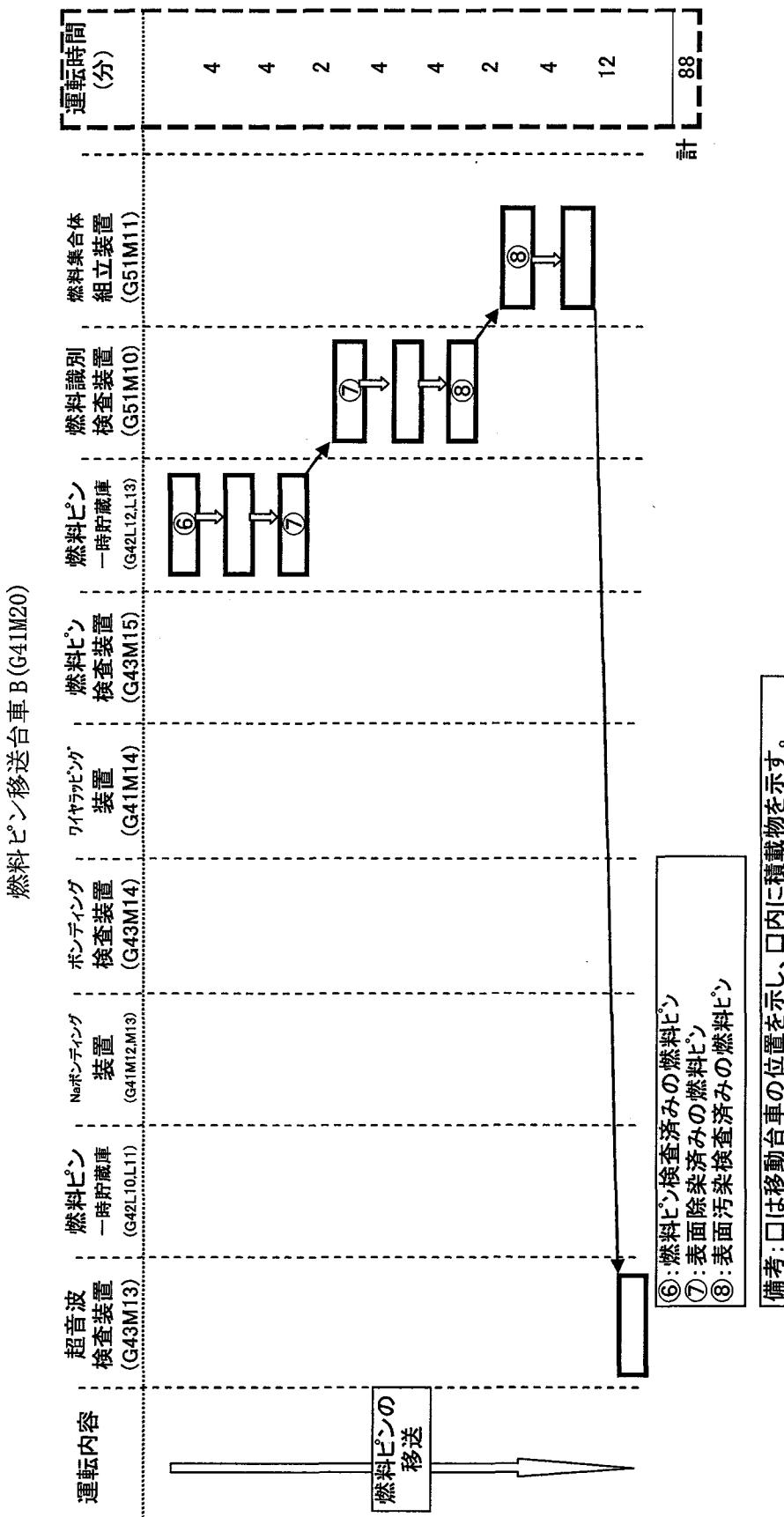


表 3.2-14 燃料ピン移送台車Bの運転時間(その2)



3.3 ハンドリング時間と機器の処理時間

ハンドリング時間として、移送台車から主工程機器への原料の受け渡しや製品を主工程機器から移送機器へ払い出すことに必要な時間を概算した。これに基づき、燃料スラグを検査する等、主工程機器が所定の処理を終えなければならない時間(実効処理時間)を評価した。評価結果を表 3.3-1 から表 3.3-3 に示す。

評価した結果、モールド除去装置においては、ハンドリング時間のために、実行処理時間がやや不足し、所定の処理量が確保できなくなった。よって、モールド除去装置は 1 基から 2 基に増設する。

なお、モールド除去、スラグ検査及び燃料ピン組立までのスラグの動線を一方通行にし、工程を単純化するため、燃料スラグ貯蔵庫を追加した。また、Na ボンディング装置は冷却時間の確保のため、従来の 3 バッチ/日の運転から 1 バッチ/日の運転に変更した。このため、Na ボンディング装置を 1 基から 2 基に増設した。

表 3.3-1 ハンドリング時間と機器の処理時間(1/3)

No.	機器名称	ハンドリング							処理時間(hr)	正味の処理時間(hr)	従来設定値 ^[2]	台数を変更した機器	備考
		取扱対象	処理内容	取扱回数	取扱時間(min)	取扱台車	台車移動の待ち時間(min)	ハンドリング時間総計(min)					
1	受入貯蔵庫	受入容器	受入	1	1	受入容器移送台車	0	4	2.0	1.9			複数の台車が連続して受入貯蔵庫に来る必要がないため、台車移動の待ち時間は0。
		空受入容器	払出	1	1	同上	0						
		受入容器	払出	1	1	原料パレット移送台車	0						
		空受入容器	受入	1	1	同上	0						
2	受入秤量器	受入容器	受入	1	1	原料パレット移送台車	0	4	2.0	1.9	2.0		複数の台車が連続して受入秤量器に来る必要がないため、台車移動の待ち時間は0。
		原料パレット	払出	1	1	同上	0						
		空原料パレット	受入	1	1	同上	0						
		空受入容器	払出	1	1	同上	0						
3	燃料成分調整装置	原料パレット	受入	4	4	原料パレット移送台車	0	18	2.0	1.7	2.0		取り扱うパレット数が最大となる、IC燃料で評価。 3台の移送台車が連続して来る必要があるため、台車移動の待ち時間は2分×2回(受入と払出)。
		ヒール	受入	1	1	ヒールスクラップ移送台車	1						
		スラグせん断片(スクラップ)	受入	1	1	同上	0						
		空るつぼ	受入	1	1	るつぼ移送台車	1						
		るつぼ	払出	1	1	同上	0						
		空原料パレット	払出	4	4	原料パレット移送台車	1						
		空スラグせん断片(スクラップ)容器	払出	1	1	ヒールスクラップ移送台車	1						
		空ヒール容器	払出	1	1	同上	0						
4	射出成型装置	るつぼ	受入	1	1	るつぼ移送台車	0	6	8.0	7.9	8.0		2台の移送台車が連続して来る必要があるため、台車移動の待ち時間は1分×2回(受入と払出)。
		モールドパレット	受入	1	1	モールドパレット移送台車	1						
		スラグ入りモールドパレット	払出	1	1	同上	0						
		ヒール入るつぼ	払出	1	1	るつぼ移送台車	1						
5	モールド除去装置	モールドパレット	受入	1	1	モールドパレット移送台車	0	28	4.0	最大 134本/3.5hr 〔 2基構成 で評価〕	232.7本 /3.5hr 〔 最大 1596 本/日 〕	○	取扱いパレット数が最大のAB燃料スラグで評価。 3台の移送台車が連続して来る必要があるため、台車移動の待ち時間は2分×2回(受入と払出)。 パレットのハンドリング時間の影響で、実行処理時間が短くなり、従来台数では処理できない。1基から2基に増設。
		空スラグ容器(パレット)	受入	7	7	スラグ容器移送台車A	1						
		空スラグせん断片パレット	受入	1	1	ヒールスクラップ移送台車	1						
		空長さ不足スラグ用パレット	受入	1	1	同上	0						
		空モールド破碎片パレット	受入	1	1	同上	0						
		空ドロスペレット	受入	1	1	同上	0						
		空モールドパレット	払出	1	1	モールドパレット移送台車	0						
		スラグ容器(パレット)	払出	7	7	スラグ容器移送台車A	1						
		スラグせん断片パレット	払出	1	1	ヒールスクラップ移送台車	1						
		長さ不足スラグ用パレット	払出	1	1	同上	0						
		モールド破碎片パレット	払出	1	1	同上	0						
		ドロスペレット	払出	1	1	同上	0						

- 注(1)：取扱回数はパレット等のハンドリング回数。取扱時間は取扱回数×1minとする。
 (2)：台車移動の待ち時間とは、複数の台車からパレット等を出し入れする際、これら台車が取合位置で入れ替わるのに要する時間を示し、1min/1台とする。
 (3)：(ハンドリング時間総計)=(パレット等の取扱い時間)+(台車移動の待ち時間)
 (4)：(正味の処理時間)=(処理時間)-(ハンドリング時間総計)

表 3.3-2 ハンドリング時間と機器の処理時間(2/3)

No.	機器名称	ハンドリング							処理時間(hr)	正味の処理時間(hr)	従来設定値 ^[2]	台数を変更した機器	備考
		取扱対象	処理内容	取扱回数	取扱時間(min)	取扱台車	台車移動の待ち時間(min)	ハンドリング時間総計(min)					
6	燃料スラグ一時貯蔵庫	スラグ容器(パレット)	受入	7	7	スラグ容器移送台車A	0	28	4.0	3.5			移送台車は2台であるが、連続して来る必要は無く、台車移動待ち時間は0。
		空スラグ容器(パレット)	払出	7	7	同上	0						
		スラグ容器(パレット)	払出	7	7	スラグ容器移送台車B	0						
		空スラグ容器(パレット)	受入	7	7	同上	0						
7	燃料スラグ検査装置	スラグ容器(パレット)	受入	9	9	スラグ容器移送台車B	0	22	3.1	1本/2min 84本/2.8hr	1本/2min		ハンドリング時間及び処理能力は取扱いパレット数が最大のRB燃料スラグで評価。 2台の移送台車が連続して来る必要があり、台車移動待ち時間は1分×2回(受入と払出)。 従来どおり、2基で対応可能
		スラグ容器(パレット)	払出	1	1	同上	0						
		空き不良スラグ容器(パレット)	受入	9	9	ヒールスクラップ移送台車	1						
		不良スラグ容器(パレット)	払出	1	1	同上	1						
8	燃料スラグ貯蔵庫	スラグ容器(パレット)	受入	9	9	スラグ容器移送台車B	0	32	2.1	1.6	○	モールド除去、スラグ検査及び燃料ピン組立までのスラグの動線を一方通行にし、単純化するため、当該貯蔵庫を追加した。 移送台車は2台であるが、連続して来る必要は無く、台車移動待ち時間は0。	
		空スラグ容器(パレット)	払出	9	9	同上	0						
		スラグ容器(パレット)	払出	7	7	スラグ容器移送台車C	0						
		空スラグ容器(パレット)	受入	7	7	同上	0						
9	燃料ピン組立装置	スラグ容器(パレット)	受入	9	9	スラグ容器移送台車C	0	30	2.1	3.5本/min 26本/1.6hr	1本/3.5min		ハンドリング時間は取扱いパレット数が最大のRB燃料スラグで評価。 2台の移送台車が連続して来る必要があるため、台車移動の待ち時間は1分×2回(受入と払出)。
		被覆管等の部材パレット	受入	3	1	同上	0						
		空燃料ピンパレット	受入	3	3	燃料ピン移送台車A	1						
		空不良燃料ピンパレット	受入	1	1	同上	0						
		空スラグ容器(パレット)	払出	9	9	スラグ容器移送台車C	0						
		空の被覆管等のパレット	払出	3	1	同上	0						
		燃料ピンパレット	払出	3	3	燃料ピン移送台車A	1						
		不良燃料ピンパレット	払出	1	1	同上	0						
10	リーク検査装置	燃料ピンパレット	受入	3	3	同上	0	8	3.4	0.82本/3.5min 45本/3.2hr	1本/3.5min		取扱いパレット数が最大のIC燃料スラグで評価。 移送台車は1台のため、台車移動待ち時間は0。
		空不良燃料ピンパレット	受入	1	1	同上	0						
		燃料ピンパレット	払出	3	3	同上	0						
		不良燃料ピンパレット	払出	1	1	同上	0						
11	表面除染装置	燃料ピンパレット	受入	3	3	同上	0	同上	同上	同上	同上	同上	
		空不良燃料ピンパレット	受入	1	1	同上	0						
		燃料ピンパレット	払出	3	3	同上	0						
		不良燃料ピンパレット	払出	1	1	同上	0						
12	表面汚染検査装置	燃料ピンパレット	受入	3	3	同上	0	9	同上	同上	同上	同上	取扱いパレット数が最大のIC燃料スラグで評価。 移送台車1台とセル間移送装置で移送するため、台車移動待ち時間は1分。
		空不良燃料ピンパレット	受入	1	1	同上	0						
		不良燃料ピンパレット	払出	3	3	同上	0						
		燃料ピンパレット	払出	1	1	セル間移送装置	1						
		空燃料ピンパレット	受入	3	3	燃料ピン移送台車A	0						
13	超音波検査装置	燃料ピンパレット	受入	3	3	セル間移送装置	0	10	同上	同上	同上	同上	
		空不良燃料ピンパレット	受入	1	1	同上	0						
		空燃料ピンパレット	受入	1	1	同上	0						
		燃料ピンパレット	払出	3	3	燃料ピン移送台車B	1						
		不良燃料ピンパレット	払出	1	1	セル間移送装置	0						

(1) : 取扱回数はパレット等のハンドリング回数。取扱時間は取扱回数×1minとする。

(2) : 台車移動の待ち時間とは、複数の台車からパレット等を出し入れする際、これら台車が取合位置で入れ替わるのに要する時間を示し、1min/1台とする。

(3) : (ハンドリング時間総計)=(パレット等の取扱い時間)+(台車移動の待ち時間)

(4) : (正味の処理時間)=(処理時間)-(ハンドリング時間総計)

表 3.3-3 ハンドリング時間と機器の処理時間(3/3)

No.	機器名称	ハンドリング							処理時間(hr)	正味の処理時間(hr)	従来設定値 ^[2]	台数を変更した機器	備考
		取扱対象	処理内容	取扱回数	取扱時間(min)	取扱台車	台車移動の待ち時間(min)	ハンドリング時間総計(min)					
14	燃料ピン一時貯蔵庫	燃料ピンパレット	受入	1	1	燃料ピン移送台車B	0	2	同上	同上	110本/パッチ ×3パッチ/日	○	取扱いパレット数が最大のIC燃料スラグで評価。 移送台車は1台のみのため、台車待ち時間は0。
		燃料ピンパレット	払出	1	1	同上	0						
15	Naポンディング装置	燃料ピンパレット	受入	9	9	燃料ピン移送台車B	0	18	24.0	24	110本/パッチ ×3パッチ/日	○	冷却時間の確保のため、3パッチ/日から1パッチ/日に変更。これを補うため、1基から2基に台数を変更。 移送台車は1台のみのため、台車待ち時間は0。
		燃料ピンパレット	払出	9	9	同上	0						
16	ポンディング検査装置	同上	受入	4	4	同上	0	8	3.2	1本/4.6min 40本/3.1hr	325本/日 (1本/2min)		取扱いパレット数が最大のRB燃料で評価。 移送台車は1台のみのため、台車待ち時間は0。
		同上	払出	4	4	同上	0						
17	ワイヤラッピング装置	同上	受入	4	4	同上	0	同上	同上	同上	325本/日 (1本/2min)		同上
		同上	払出	4	4	同上	0						
18	燃料ピン検査装置	同上	受入	4	4	同上	0	同上	同上	同上	325本/日 (1本/2min)		同上
		同上	払出	4	4	同上	0						
19	燃料ピン一時貯蔵庫	同上	受入	4	4	同上	0	同上	同上	同上	325本/日 (1本/2min)		同上
		同上	払出	4	4	同上	0						
20	燃料識別検査装置	同上	受入	4	4	同上	0	同上	同上	同上	325本/日 (1本/2min)		同上
		同上	払出	4	4	同上	0						
21	燃料集合体組立装置	同上	受入	4	4	同上	0	18	24.0	1体/1日	1体/日		取扱いパレット数が最大のRB燃料で評価。移送装置は1台のみのため、待ち時間は0。
		空燃料ピンパレット	受入	4	4	同上	0						
		燃料集合体	払出	1	10	燃料集合体移送装置	0						
22	燃料集合体検査装置	同上	受入	1	10	同上	0	同上	同上	同上	1体/日		
		同上	払出	1	10		0						

注(1)：取扱回数はパレット等のハンドリング回数。取扱時間は取扱回数×1minとする。

(2)：台車移動の待ち時間とは、複数の台車からパレット等を出し入れする際、これら台車が取合位置で入れ替わるのに要する時間を示し、1min/1台とする。

(3)：(ハンドリング時間総計)=(パレット等の取扱い時間)+(台車移動の待ち時間)

(4)：(正味の処理時間)=(処理時間)-(ハンドリング時間総計)

4. 機器間バッファ等の検討

主工程機器の待ち時間を最小とするための機器間バッファ量と部材保管庫のバッファ量の検討を行う。

4.1 機器間バッファ

表 3.1-1 から表 3.1-4 において、機器間で処理時間或は受入(払出)単位に相違が見られるものは以下の機器である。

- (1) モールド除去装置、燃料スラグ検査装置及び燃料ピン組立装置間
- (2) Na ボンディング装置
- (3) 燃料識別検査装置

(1)項の機器間にはバッファとなる燃料スラグ一時貯蔵庫及び燃料スラグ貯蔵庫がある。機器間で燃料スラグを搬送する移送台車の基数は個々に設けているため、対応可能と考える。

(2)項の Na ボンディング装置の前段にはバッファとなる燃料ピン一時貯蔵庫があるが、後段には一時貯蔵庫がない。よって、Na ボンディング装置の処理速度に応じたバッファを当該装置の後段に設ける。

(3)項の燃料識別検査装置の前段に一時貯蔵庫があるのみであるが、後段の燃料集合体組立装置自体がバッファとなるので、当該装置にはバッファは不要である。

なお、リーク検査以降の装置((2)項及び(3)項を除く)には燃料ピン移送に余裕を持たせるため、機器毎に払出単位分のバッファを設ける。

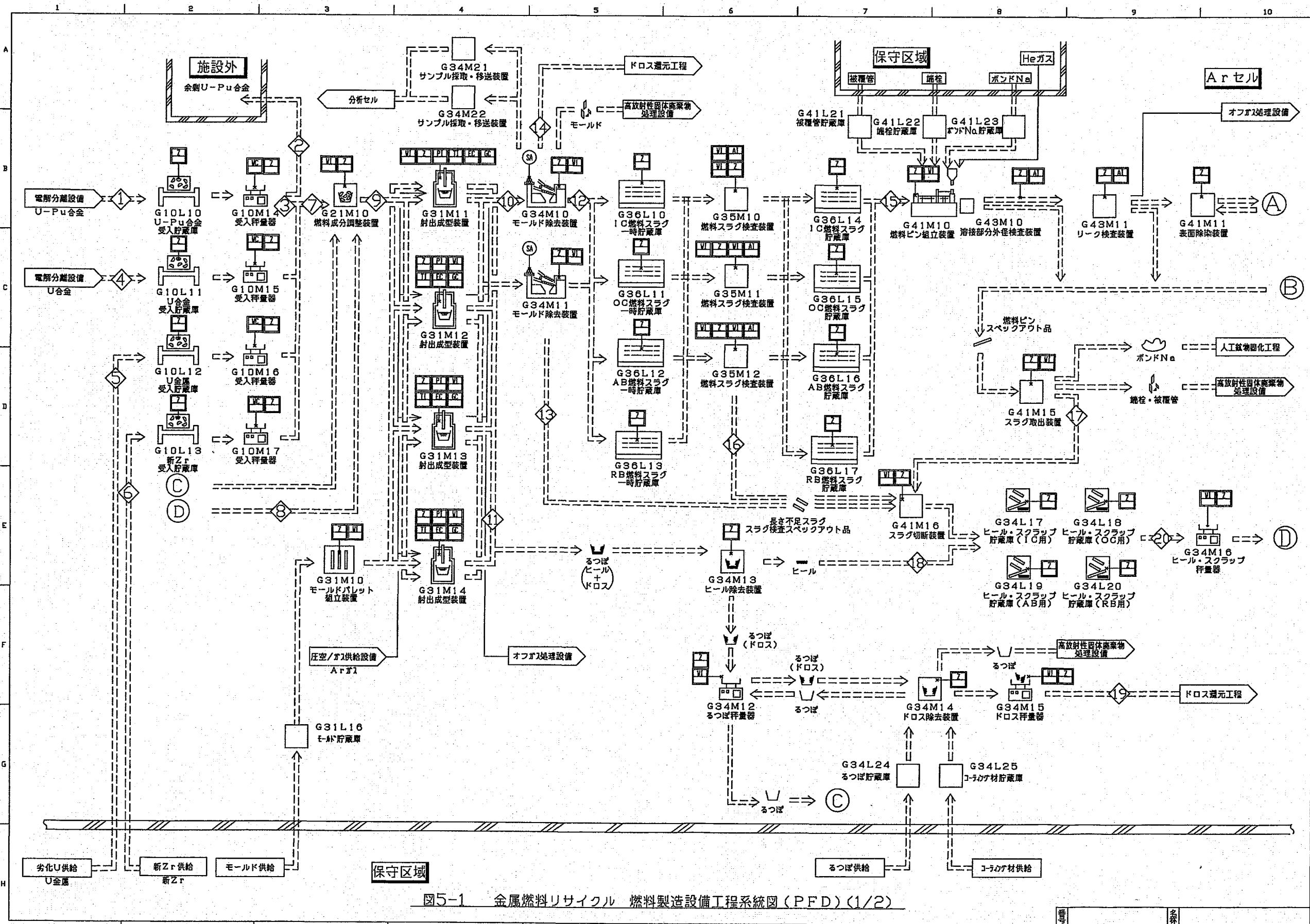
4.2 部材保管庫

燃料製造設備において使用する以下の部材の保管庫を設ける。保管量は2キャンペーンに使用する量とする。

- ・ モールド
- ・ るつぼ
- ・ コーティング材(るつぼ用)
- ・ 被覆管
- ・ 端栓
- ・ ボンド Na
- ・ ワイヤ
- ・ 集合体部材

5. 工程系統図及びマテリアルフロー図

工程系統図を図 5-1 及び図 5-2 に、マテリアルフロー図を図 5-3 及び図 5-4 に示す。



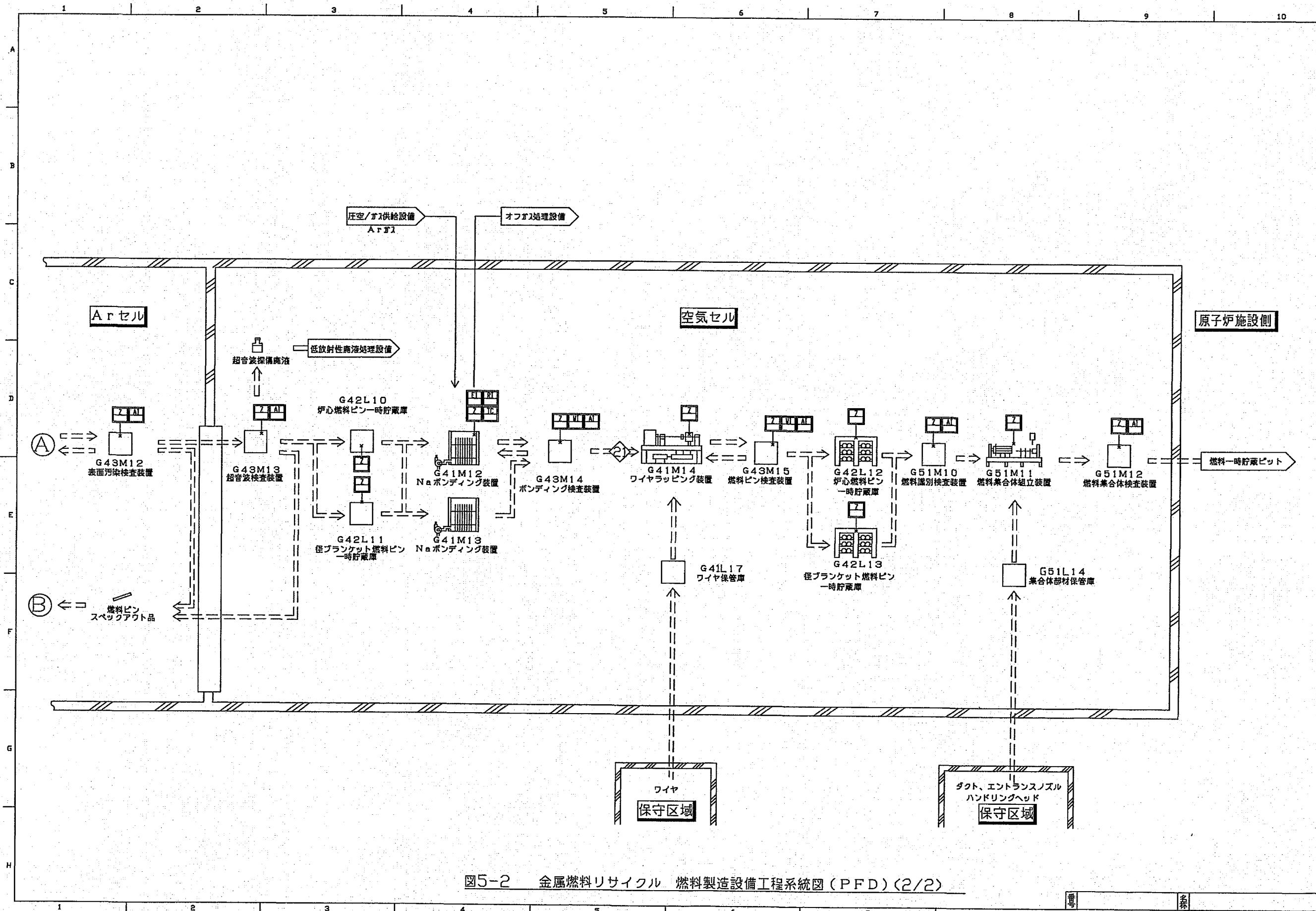


図5-2 金属燃料リサイクル 燃料製造設備工系系統図 (PFD) (2/2)

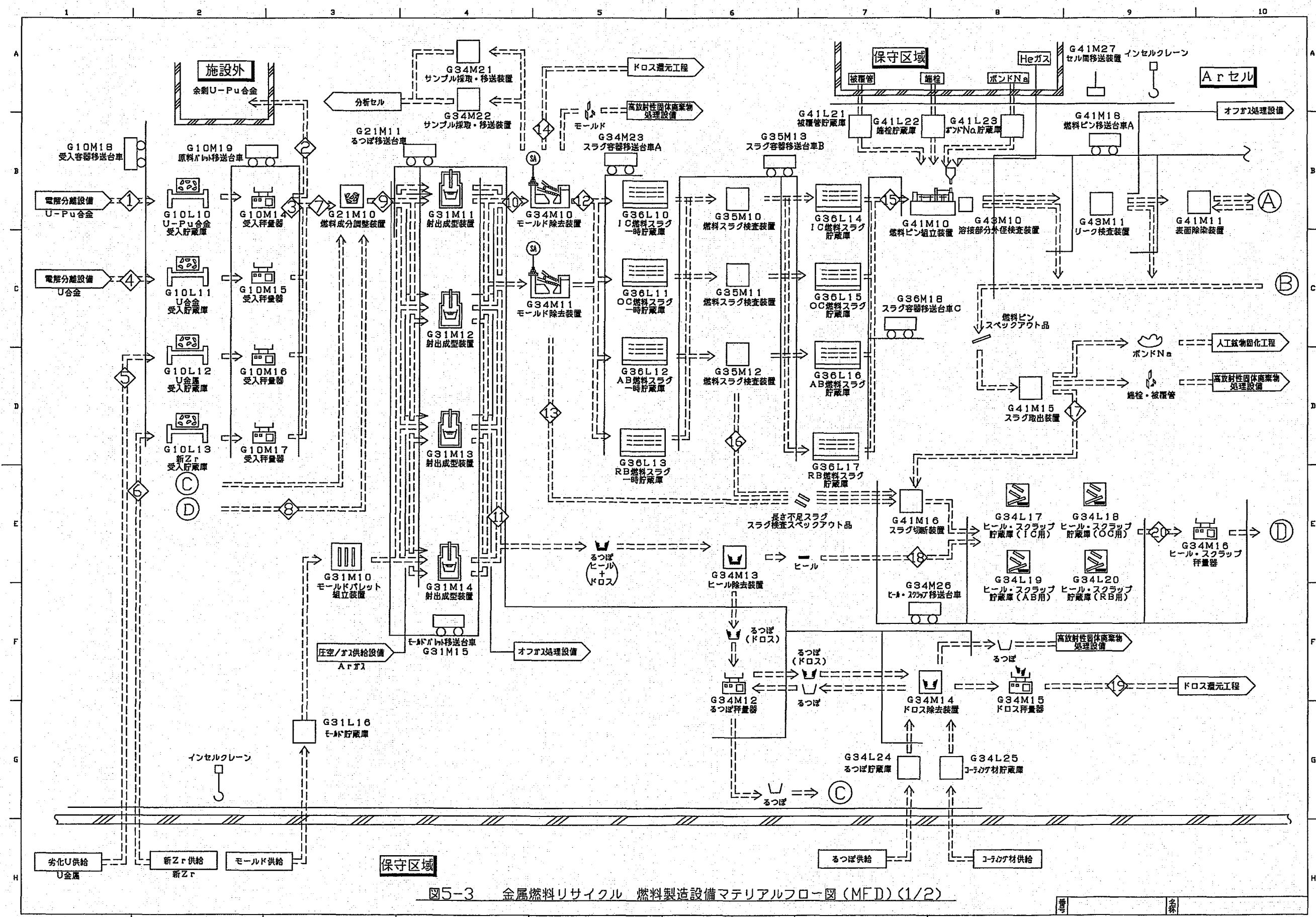
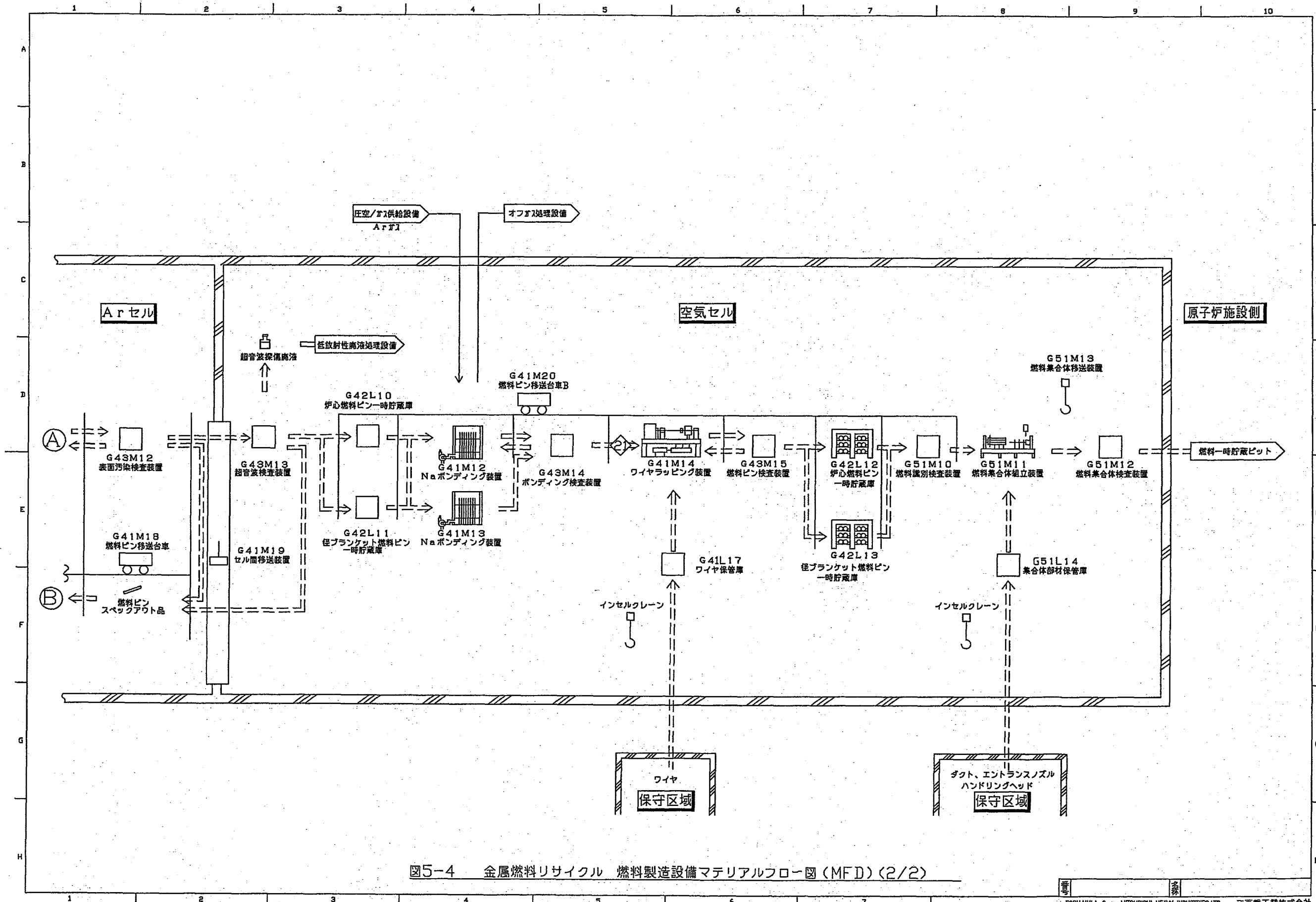


図5-3 金属燃料リサイクル 燃料製造設備マテリアルフロー図(MFD)(1/2)



6. プロセス説明

6.1 基本仕様

1500MWe 金属燃料平衡炉心から得られた使用済み燃料を乾式電解処理することで、U-Pu 合金及び U 合金が得られる。本金属燃料製造設備はこの 2 種の合金と成分調整用に新 Zr、金属 U 及び本設備で生じるヒール及びスクラップを原料として、年間 38tHM の金属燃料集合体を製造する。

6.2 基本条件

製造工程処理の基本条件等を表 6.2-1 から表 6.2-7 に示す。

200 日の操業で製造すべき炉心燃料集合体数は 167 体(内側炉心 111.3 体、外側炉心 55.7 体)、径プランケットは 31.5 体である(表 6.2-3)。これをピン数で見ると、炉心燃料は 55,269 本／200 日、内訳は内側炉心 36,846 本／200 日、外側炉心 18,423 本／200 日、径プランケットは、3,995 本／200 日である(表 6.2-3)。

表 6.2-1 集合体・炉心重量及びスラグ密度

	集合体当り		炉心当り		スラグ密度	
	燃料ピン 本数	HM重量 (tHM)	集合体数	HM重量 (tHM)	(g/cm ³)	(gHM/cm ³)
内側炉心	331	0.178	276	49.1	15.609	14.048
外側炉心	331	0.178	138	24.6	15.800	14.220
径プラ	127	0.263	78	20.5		
計			492	94.2		

表 6.2-2 38tHM/y プラントの各製造工程における年間取扱量(重量)

項目	るっぽ 投入重量 (tHM)	モールド 射出物 重量 (tHM)	射出 成型体 重量 (tHM)	検査前 スラグ 重量 (tHM)	検査後 スラグ 重量 (tHM)	検査前 燃料要素 重量 (tHM)	検査後 燃料要素 重量 (tHM)	集合体 重量 (tHM)
歩留まり		0.1	0.382	0.35~0.40	0.344		0.380	
内側炉心	30.1	21.1	18.6	15.8	14.9	20.2	19.8	19.8
外側炉心	15.0	10.5	9.3	7.9	7.4	10.1	9.9	9.9
軸プラ	15.2	10.7	9.4	8.5	8.0			
径プラ	17.0	11.9	10.5	8.9	8.4	8.4	8.3	8.3
計	77.3	54.1	47.7	41.1	38.8	38.8	38.0	38.0

表 6.2-3 38tHM/y プラントの各製造工程における年間取扱量(バッチ数・本数・体数)

項目	射出成型 バッチ数	モールド 射出物 本数	射出 成型体 本数	検査前 スラグ 本数	検査後 スラグ 本数	検査前 燃料要素 本数	検査後 燃料要素 本数	集合体 体数
歩留まり	-	137000	137000	137000	137000		137000	-
内側炉心	837	90314	79657	79657	75196	37598	36846	111.3
外側炉心	585	45157	39829	39829	37598	18799	18423	55.7
軸プラ	338	45157	39829	119486	112794			
径プラ	315	14690	12956	12956	12231	4077	3995	31.5
計	2075	195318	172270	251927	237819	60474	59265	198.4

表 6.2-4 射出成型 1 バッチから得られる各種年間製品量(本数・体数)

項目		モールド 射出物 本数	射出 成型体 本数	検査前 スラグ 本数	検査後 スラグ 本数	検査前 燃料要素 本数	検査後 燃料要素 本数	集合体 体数
内側炉心		107.9	95.2	95.2	89.9	44.9	44.0	0.13
外側炉心		77.2	68.1	68.1	64.3	32.1	31.5	0.10
軸プラ		133.5	117.8	353.3	333.5			
径プラ		46.6	41.1	41.1	38.8	12.9	12.7	0.10
計		94.1	83.0	121.4	114.6	29.1	28.6	0.10

(注1) 上表において、U-Pu-Zr合金の密度を15.609(g/cm³)、U-Zr合金の密度を15.800(g/cm³)として、評価した。
このとき、集合体に組まれる燃料ピン本数(上表での検査後燃料要素本数)は、電中研共研報告書「金属燃料リサイクルシステムの設計評価 平成13年度報告書(T980201)」のp1-5,表1.1-3 の最下段の(38t/y換算処理量)の要素数に完全に一致する。

(注2) 上表において、モールド射出物本数を「モールド射出物重量/長さ検査に合格した射出成型体1本の平均重量」と定義して、表示しているが、厳密には正しくない。その理由は、以下の通り。

- ①モールド射出物重量には、モールドに付着した合金重量も含まれている。
- ②モールド除去工程における長さ検査で、長さ不足の射出成型体を排除することにより、合格品の射出成型体の平均長さが50 or 45cmになると仮定している。従って、モールド射出時点における射出成型体の平均長さは、長さ不足品の分だけ短く、その分本数が増える。

(注3) : 核燃料サイクル開発機構殿提示

表 6.2-5 再処理施設における再処理(インゴット)の生産量と組成

核種	Pu-Uインゴット			Uインゴット		
	年間生産量 (kg/y)	根拠	組成 (wt%HM) (wt%)	年間生産量 (kg/y)	根拠	組成 (wt%HM) (wt%)
TRU中のPu	3812	A	64.94% 63.70%	0	A	0.00% 0.00%
TRU中のMA	107	A	1.82% 1.79%	0	A	0.00% 0.00%
TRU小計	3919	-	66.76% 65.49%	0	-	0.00% 0.00%
U	1951	B	33.24% 32.60%	28284	B	100.00% 89.97%
HM中計	5870	-	100.00% 98.09%	28284	-	100.00% 89.97%
益土類FP	114	A	1.94% 1.91%	0	A	0.00% 0.00%
Zr	0	C	0.00% 0.00%	3154	D	11.15% 10.03%
合計	5984	-	-	100.00%	31438	-
						100.00%

年間生産量の算出根拠

A H14年度JNC-電中研共研「金属燃料リサイクルシステムの設計評価」表3.1-5「物質収支」より、新燃料RBにおけるこれらの物質の重量が0であることから、これらの物質は、全量Pu-Uインゴットに移行すると想定
従つて、

Pu-Uインゴットに含まれる重量=「使用済燃料(計)」-「金属封缶」-「人工鉱物(モールド除く)」

Uインゴットに含まれる重量=0

(「」には表3.1-5の該当する欄の数値が入る)

B H16年度三菱重工技術資料「FBRリサイクルシステムに関する研究(その6) II 連続式陰極処理装置の具体化-プロセス条件-」p1より、Pu-Uインゴット中には、TRU:U=2.27:1.13の重量比でUが存在すると想定
従つて、Pu-Uインゴット中に含まれるU重量=3919*1.13/2.27=1951(kg/y)

また、使用済燃料からPu-U及びUインゴットに移行するU重量=

「使用済燃料(計)」-「金属封缶(ハル)」=30387-152=30235(kg/y)

そのうちPu-Uインゴット中に含まれるU重量は、1951(kg/y)であるから、

Uインゴット中に含まれるU重量=30235-1951=28284(kg/y)

C ZrがCd/固体陰極のどちら側に析出するかは電解精製工程の運転方法に依存する。本検討では、
固体陰極側に析出するような運転を行うと仮定している

D H15年度再処理システム技術検討書 p299「(vii)新燃料中Zrの取り扱い」より、使用済燃料中に含まれるZrの70%が回収されると想定。

よって、H14年度JNC-電中研共研「金属燃料リサイクルシステムの設計評価」表3.1-5「物質収支」における使用済燃料中のZr重量(合金+FP)を用いると、

使用済燃料からインゴットに移行するZr重量=(4233+273)*0.7=3154(kg/y)

また、上記CよりZrの全量がUインゴットに移行すると想定

(注) : 核燃料サイクル開発機構殿提示資料

表 6.2-6 射出成型燃料製造設備での物質収支(基準仕様)

物質	原料に対する割合	HM重量 (kg)	MA重量 (kg)	Pu重量 (kg)	U重量 (kg)	Zr重量 (kg)	FP重量 (kg)	総重量 (kg)	備考
Pu-Uインゴット	-	3.40	0.06	2.21	1.13	0.00	0.07	3.47	インゴット1個当たりに含まれる元素の重量
Uインゴット	-	10.00	0.00	0.00	10.00	1.12	0.00	11.12	インゴット1個当たりに含まれる元素の重量
成分調整 済み原料	内側炉心	35.93	0.12	4.42	31.39	4.01	0.13	40.07	射出成型1バッチ分に含まれる元素の重量
	外側炉心	25.70	0.12	4.42	21.15	2.87	0.13	28.70	
	軸プラ	45.00	0.00	0.00	45.00	5.00	0.00	50.00	
	径プラ	54.00	0.00	0.00	54.00	6.00	0.00	60.00	
ヒール	内側炉心	10.39	0.04	1.28	9.08	1.16	0.04	11.59	射出成型1回当たりに発生するヒール1個に含まれる元素の重量
	外側炉心	7.43	0.04	1.28	6.12	0.83	0.04	8.30	
	軸プラ	13.01	0.00	0.00	13.01	1.45	0.00	14.46	
	径プラ	15.62	0.00	0.00	15.62	1.74	0.00	17.35	
せん断片 +不良品	内側炉心	7.62	0.03	0.94	6.66	0.85	0.03	8.50	射出成型1回当たりに発生するせん断片・不良品(スラグ・ピン)に含まれる元素の重量
	外側炉心	5.45	0.03	0.94	4.49	0.61	0.03	6.09	
	軸プラ	8.26	0.00	0.00	8.26	0.92	0.00	9.17	
	径プラ	11.39	0.00	0.00	11.39	1.27	0.00	12.66	

ヒール・せん 断片・不良品	比率(wt%HM)					
	HM	MA	Pu	U	Zr	FP
内側炉心	100.00%	0.35%	12.30%	87.35%	11.15%	0.37%
外側炉心	100.00%	0.49%	17.20%	82.32%	11.17%	0.51%
軸プラ	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%	11.11%	0.00%
径プラ	100.00%	0.00%	0.00%	100.00%	11.11%	0.00%

内側炉心	成分調整装置 に投入する品	HM重量 (kg)	MA重量 (kg)	Pu重量 (kg)	U重量 (kg)	Zr重量 (kg)	FP重量 (kg)	投入数量 (個)or(kg)	リサイクル使用 残重量(kg)	使用残蓄積	年間必要数量 (個) or (t)
		社様重量①	0.12	4.42	31.39	4.01	0.13	0.00			
射出成型	Pu-Uインゴット	3.40	0.06	2.21	1.13	0.00	0.07	1			835
バッチ数	Uインゴット	10.00	0.00	0.00	10.00	1.12	0.00	1			835
837	ヒール	10.39	0.04	1.28	9.08	1.16	0.04	1	0.00		837
	せん断片等	7.59	0.03	0.93	6.63	0.85	0.03	8.46	0.04	540.97	7.11
	補充U	4.60	0.00	0.00	4.60	0.00	0.00	4.60			3.84
	補充Zr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.90	0.00	0.90			0.75
	合計重量②	35.98	0.12	4.42	31.44	4.02	0.13				
	精度(①-②)/①	0.12%	0.01%	0.01%	0.14%	0.32%	0.01%				
	許容範囲	±0.12%	±0.01%	±0.01%	±0.14%	±0.32%	±0.01%				
外側炉心	成分調整装置 に投入する品	HM重量 (kg)	MA重量 (kg)	Pu重量 (kg)	U重量 (kg)	Zr重量 (kg)	FP重量 (kg)	投入数量 (個)or(kg)	リサイクル使用 残重量(kg)	使用残蓄積	年間必要数量 (個) or (t)
		社様重量①	0.12	4.42	21.15	2.87	0.13	28.70			
射出成型	Pu-Uインゴット	3.40	0.06	2.21	1.13	0.00	0.07	1			584
バッチ数	Uインゴット	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0			0
585	ヒール	7.43	0.04	1.28	6.12	0.83	0.04	1	0.00		585
	せん断片等	5.43	0.03	0.93	4.47	0.61	0.03	6.06	0.03	568.54	3.56
	補充U	9.40	0.00	0.00	9.40	0.00	0.00	9.40			5.49
	補充Zr	0.00	0.00	0.00	0.00	1.45	0.00	1.45			0.85
	合計重量②	25.66	0.12	4.42	21.11	2.89	0.13				
	精度(①-②)/①	0.15%	0.01%	0.01%	0.19%	0.56%	0.01%				
	許容範囲	±0.15%	±0.01%	±0.01%	±0.19%	±0.56%	±0.01%				
軸プラ	成分調整装置 に投入する品	HM重量 (kg)	MA重量 (kg)	Pu重量 (kg)	U重量 (kg)	Zr重量 (kg)	FP重量 (kg)	投入数量 (個)or(kg)	リサイクル使用 残重量(kg)	使用残蓄積	年間必要数量 (個) or (t)
		社様重量①	0.00	0.00	45.00	5.00	0.00	50.00			
射出成型	Pu-Uインゴット	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0			0
バッチ数	Uインゴット	30.00	0.00	0.00	30.00	3.35	0.00	3			746
338	ヒール	13.01	0.00	0.00	13.01	1.45	0.00	1	0.00		338
	せん断片等	1.98	0.00	0.00	1.98	0.22	0.00	2.20	6.97	3.78	3.10
	補充U	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
	補充Zr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
	合計重量②	44.99	0.00	0.00	44.99	5.01	0.00				
	精度(①-②)/①	0.01%		0.01%	0.23%						
	許容範囲	±0.01%		±0.01%	±0.23%						
径プラ	成分調整装置 に投入する品	HM重量 (kg)	MA重量 (kg)	Pu重量 (kg)	U重量 (kg)	Zr重量 (kg)	FP重量 (kg)	投入数量 (個)or(kg)	リサイクル使用 残重量(kg)	使用残蓄積	年間必要数量 (個) or (t)
		社様重量①	0.00	0.00	54.00	6.00	0.00	60.00			
射出成型	Pu-Uインゴット	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0			0
バッチ数	Uインゴット	30.00	0.00	0.00	30.00	3.35	0.00	3			839
315	ヒール	15.62	0.00	0.00	15.62	1.74	0.00	1	0.00		315
	せん断片等	8.37	0.00	0.00	8.37	0.93	0.00	9.30	3.36	8.93	3.99
	補充U	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
	補充Zr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			0.00
	合計重量②	53.99	0.00	0.00	53.99	6.01	0.00				
	精度(①-②)/①	0.92%		0.02%	0.18%						

(注) : 核燃料サイクル開発機構殿提示資料

表 6.2-6 の注

- 1 成分調整済み(炉心燃料)原料1バッチ中のPu量は、以下の方法で決定した。
- (1) 上記原料中のPu重量をx、Pu-Uインゴット1個に含まれるPu重量をy、上記原料からリサイクル品になるPu重量をzとする。
 - (2) 最も成分調整が簡単なのは、 $x=y+z$ (インゴット1個とリサイクル品1バッチ分を合わせるだけ)の場合
 - (3) 上表より、 $y=2.21(\text{kgPu})$ 、 $z/x=28.9\%+21.2\%$ [ヒール+せん断片+不良品の原料に対する割合]
 - (4) 従って、 $x=y+z=2.21+0.501x$ より、 $x=4.428\cdots(\text{kgPu})$
 - (5) 切り捨てて、 $x=4.42(\text{kgPu})$ を得る。(リサイクル品が余る分には問題ないため、切り捨てる)
- 2 成分調整手順は以下の通り。
- (1) Pu-Uインゴット、ヒールを取り分けて、Pu重量を粗調整する。(ヒールはブレイクされていないものとする)
 - (2) せん断片を取り分けて、4.42kgPuを超えない範囲でPu重量を微調整する。
 - (3) Uインゴットを取り分けて、HM重量を粗調整する。
 - (4) 補充Uを取り分けて、HM重量を微調整する。
 - (5) 補充Zrを取り分けて、Zr重量を微調整する。
 - (6) (1)~(5)の物品を融点の高い順かつサイズの小さい順に重ねて投入する。
補充Zr→補充U→Uインゴット又はせん断片→ヒール又はPu-Uインゴット
- 3 成分の微調整はスラグせん断片及び補充用U、Zrを用いてせん断片:1本単位、補充U:100g単位、
補充Zr:50g単位で投入すると仮定した。
- モールド除去時に発生するせん断片1個の重量は、炉心燃料のせん断片密度15.61g/cm³、直径0.65cm、平均長さ $(50-42.5)/2=3.5\text{cm}$ 程度であるから、 $\pi \times (0.65/2)^2 \times 3.5 \times 15.61 = 18.1\text{g}$ 程度となる。
- 同様に軸プラ、径プラのせん断片重量は、 $\pi \times (0.65/2)^2 \times 2 \times 2.5 \times 15.80 = 13.1$ 及び、 $\pi \times (1.27/2)^2 \times 2 \times 3.3 \times 15.80 = 66.0\text{g}$ 程度となる。
- 従って、炉心燃料及び軸プラ燃料のせん断片は20g単位、径プラ燃料のせん断片は100g単位で投入すると仮定した。
- 4 リサイクル使用残重量=射出成型1回当たりのリサイクル品発生重量-射出成型1回当たりのリサイクル品投入(消費)重量
- 5 使用残蓄積バッチ回数=製品となる重量/リサイクル使用残重量=(投入総重量-リサイクル品重量)/リサイクル使用残重量
→ リサイクル使用残が何バッチ分貯まると射出成型1回分になるかを示す
年間射出成型バッチ数をn、使用残蓄積バッチ回数をmとすると、
 $n \times (m-1)/m$: インゴット+リサイクル品+補充品を用いて行う年間射出成型バッチ数
 $n \times (1/m)$: リサイクル品のみを用いて行う年間射出成型バッチ数
なお、初期条件として、第1バッチの射出成型を行う時点で、既に射出成型1バッチ分のリサイクル品が存在しているとする

表 6.2-7 再処理-燃料製造一体化プラントでの物質収支

物品	再処理施設での発生			製造施設での消費		備考	
	個数	(kgHM)	個数	(kgHM)	個数		
Pu-Uインゴット	1726	5870	1419	4826	307	1044	再処理施設で保管
Uインゴット	2828	28284	2421	24208	408	4076	
インゴット内訳	TRU中のPu	-	3812	-	3134	-	678
	TRU中のMA	-	107	-	88	-	19
	TRU小計	-	3919	-	3222	-	697
	U	-	30235	-	25812	-	4423
	HM中計	-	34154	-	29034	-	5120
	希土類FP	-	114	-	94	-	20
	Zr	-	3154	-	2700	-	455
	合計	-	37422	-	31827	-	5595
	補充U	-	0	-	9333	-	-9333
	補充Zr	-	0	-	1599	-	-1599
							製造施設で補充(購入)

(注): 核燃料サイクル開発機構監査報告書

6.3 運転形態

1つの生産ラインで3種類の燃料集合体を製造するため、2~3日毎に燃料の種類を切り替えて製造を行い^[1]^[2]、一巡するまでの時間を7日間とする。この7日間毎の区切りに合わせて、スラグ製造、ピン製造の1、ピン製造の2、集合体製造工程間での受け入れ・払い出しを行うものとする。具体的には以下の通りとする。

- (1) 燃料成分調整から射出成型、モールド除去、燃料スラグ検査までを7日間で製造。
- (2) 燃料ピン組立から溶接部分外径検査、リーク検査、表面除染、表面汚染検査までを7日間で製造
- (3) 超音波検査からNaポンディング、ポンディング検査、ワイヤラッピング、燃料ピン検査までを7日間で製造。
- (4) 燃料識別検査から燃料集合体組立、燃料集合体検査までを7日間で製造

6.4 取合条件

再処理設備からU-Pu合金及びU合金を受け入れ、新Zr、金属U及びヒールと混合することで4種の燃料の成分調整を実施する。これら原料の諸元を表2.1.1-1に示す。

本燃料製造設備で製造された燃料集合体は施設外の燃料一時貯蔵ピットに払い出される。

6.5 プロセスの特徴、選定の考え方

米国ANLにて実績のある方式、即ち射出成型方式を採用する。

6.6 プロセスの詳細

本設備は Ar セル内に設置する燃料ピン製造工程と、空気セル内に設置する集合体組立工程からなる。燃料ピン製造工程では、再処理設備から供給される U-Pu 合金 (MA を含む) 及び U 合金 (Zr を含む) と、燃焼分を補填する劣化 U 金属及び新 Zr と、本燃料製造で発生するヒール・スクラップの計 5 種類の原料から、富化度及び Zr 濃度を調整した後、射出成型により U-Pu-10wt%Zr 合金燃料（炉心燃料用）及び U-10wt%Zr 合金燃料（ブランケット用）を鋳造する。これらの合金燃料（スラグ）とボンド Na をともに被覆管に充填した後、端栓取付等を行う。

集合体組立工程では、これらのピンにワイヤ巻付け等を行って燃料ピンを完成させ、ピン束、ダクト、エントランスノズル、ハンドリングヘッドとを組合せ、燃料集合体を組み立て、検査の後、燃料一時貯蔵ピットに払い出す。

以下に、各工程毎にプロセスを示す。

6.6.1 燃料ピン製造工程

(1) 機器及び処理の概要

本工程における主要な装置は、U-Pu 合金、U 合金、U 金属、新 Zr 及びヒール・スクラップを原料としてスラグに成型する射出成型装置、得られた鋳造品からモールドを除くモールド除去装置、燃料スラグの形状等を検査する燃料スラグ検査装置、燃料ピンの組立装置及び燃料ピンの検査装置、各種の装荷、取出及び一時保管のための貯蔵庫である。なお、オフガスはオフガス処理設備へと導かれる。

(a) 受入貯蔵庫

再処理設備から供給される U-Pu 合金及び U 合金を貯蔵するための各貯蔵庫と、成分調整用の U 金属（劣化 U）及び新 Zr を貯蔵する貯蔵庫の、計 4 式からなる。

U-Pu 合金、U 合金、U 金属及び新 Zr は塊形状で各々のパレットに所定量収められているものとする。

貯蔵庫はこのパレットを保管するラックとパレットの移動のためのクレーン、コンベア等から構成される。

(b) 受入秤量器

U-Pu 合金用、U 合金用、U 金属用及び新 Zr 用の受入秤量器の計 4 式からなる。

U-Pu 合金、U 合金、U 金属用及び新 Zr 用の受入秤量器は受入貯蔵庫から原料の入った受入容器を受け取り、秤量し、燃料成分調整装置へ払い出す。初めに、受け入れた空の原料パレットを秤量する。U-Pu 合金用及び U 合金用では原料を受入容器から原料パレットに移す。U 金属用及び新 Zr 用では所定重量になるように、取り分けた原料だけを原料パレットに入れる。これら原料パレットを秤量し、原料の重量を計測した後、燃料成分調整装置に払い出す。U 金属用及び新 Zr 用で、未使用の原料は受入容器に入れたまま、秤量し、識別管理した後、受入貯蔵庫に戻す。

(c) 燃料成分調整装置

燃料成分調整装置は製造する燃料成分に合わせて、各原料の秤量結果を基に適切な重量の原料を選び取り、射出成型るつぼに装荷するものである。

燃料の成分調整の手順^[4]を以下に示す。なお、括弧は表 6.2-6 に示す標準組成から外れた U-Pu 合金または U 合金を用いて成分調整を行う際に、投入される可能性のある原料を示す。

(i) 内側炉心燃料

新 Zr → U 金属 → スラグせん断片 → U 合金 → ヒール → U-Pu 合金

(ii) 外側炉心燃料

新 Zr → U 金属 → スラグせん断片 → (U 合金) → ヒール → U-Pu 合金

(iii) ブランケット燃料

ブランケット燃料の成分調整では、U 金属と U 合金の代わりにスラグせん断片とヒールのみで成分調整を行うバッチがあるため、以下の 2 方式のいずれかである。

① (新 Zr) → (U 金属) → スラグせん断片 → ヒール → U 合金

② スラグせん断片 → ヒール

(d) 射出成型装置

射出成型装置は、原料を溶解させ、モールド内に鋳込むことで燃料スラグを製造する装置である。原料を装荷した射出成型るつぼを射出成型装置に装荷して、装置内を大気圧程度の高純度 Ar ガスでバージする。次に誘導加熱により原料を 1500°Cまで加熱、溶融させ、

機械的攪拌を行わないまま原料を混合させる。混合が十分なされた後、装置内を 1Torr 程度に減圧し、一端を封じたモールド下端部を浴湯に浸漬させる。その後、容器内の圧力を大気圧程度に戻すことでモールド内に鋳込み、モールドを湯から引き上げ、200°C程度まで冷却することで燃料スラグを得る。本射出成型で鋳込む 1 本のスラグの長さは以下のとおり。

- ・ IC 燃料：燃料ピンの 1/2 本分。
- ・ OC 燃料： 同 上。
- ・ AB 燃料：燃料ピンの 1.5 本分 (1 本のスラグを 3 等分する)。
- ・ RB 燃料：燃料ピンの 1/3 本分。

処理能力から 4 基の射出成型装置で本装置を構成する。

射出成型後、ヒール+ドロスを入れたるつぼはヒール除去装置へ払い出す。

(e) モールドパレット組立装置

モールドパレット組立装置は施設外からモールドを受け取り、これを組み立て、射出成型装置に払い出すものである。

モールドの材料はシリカ (内面を ZrO₂ コーティング) とし、厚さは 1mm±0.05mm とする。なお、モールド有効長さは炉心燃料用は 550mm、径ブランケット燃料用は 500mm とする。これは、モールド上端まで合金が鋳込まれると、浴湯が上端部にぶつかった衝撃でモールドの脱落・破損が生じる可能性があるため、十分な余裕を見込む必要があるためである。

(f) モールド除去装置

モールド除去装置はモールドパレットからスラグ入りモールドを取り外し、モールド下端の外周に付着している U-Pu-Zr 合金等をタワシ状のものでブラッシングして取り除き、これらを回収する。

次に、鋳造された燃料スラグからモールドを除去した後、燃料スラグの両端を切断し (AB 燃料は更に 3 等分する)、スラグ長さを調整する装置で、一連の操作を自動的に連続して行う。モールドの破壊及び除去は、鋳造品をロールの間に通過させることによって行う。

モールド片、ドロスの除去のため、鋳造品の表面をタワシ状のものでブラッシングする。モールド下端の外周から回収した U-Pu-Zr 合金等及びブラッシングによって出てくるドロスはドロス還元工程に送る。

また、破壊されたモールドは高放射性固体廃棄物処理工程へ送る。

燃料スラグの切断はせん断で行い、せん断片及びせん断屑は回収する。これらは、寸法

不足のスラグとともに、スラグ切断装置に払い出し、燃料製造用に再利用する。

(g) サンプル採取・移送装置

サンプル採取・移送装置は燃料スラグの成分を検査するため、モールド除去装置でのスラグの切断片からサンプルを採取し、これを検査装置へ移送する装置である。

(h) 燃料スラグ一時貯蔵庫

モールド除去装置と燃料スラグ検査装置の両者の処理速度の相違を補正するためのバッファとして燃料スラグ一時貯蔵庫を設ける。燃料スラグ検査前の所定長さに切断された4種の燃料スラグを貯蔵する。

燃料スラグの受け扱いはモールド除去装置からの受け入れ及び燃料スラグ検査装置への払い出しである。

(i) 燃料スラグ検査装置

燃料スラグ検査装置は長さを調整されたスラグの全数に対して、外観、全長、外径、重量（スラグ密度及びスミヤ密度）及び真直度の検査を行う。

(i) 外観

燃料スラグを収めた容器のIDをモニタ画面で識別した後、スラグの外面をカメラで撮影し、これを画像処理装置で検査する。なお、不良品については目視で再度検査する。

(ii) 全長

レーザマイクロゲージにより全長を測定する。

(iii) 外径

軸方向に対し直角に配した2組のレーザマイクロゲージにより、全長に渡り測定する。

(iv) 重量

電子天秤により重量を計測する。スラグ密度は全長、外径及び重量の計測結果から算出し、スミヤ密度はスラグ密度と被覆管内径公称値より算出する。

(v) 真直度

外径計測時にレーザマイクロゲージで同時に計測する。

当該燃料スラグ検査或は成分分析で不合格となった燃料スラグはスラグ切断装置へ払い出し、再利用する。なお、再利用にあたっては成分分析結果が必要であり、払い出しの

際にも、識別管理する。

(j) 燃料スラグ貯蔵庫

燃料スラグ貯蔵庫は検査を終えた燃料スラグの貯蔵庫で官庁検査用に、4種の燃料スラグの各々を貯蔵する。

燃料スラグの受け扱いは燃料スラグ検査装置からの受け入れ及び燃料ピン組立装置への払い出しである。

(k) 燃料ピン組立装置

燃料ピン組立装置は下部端栓溶接済みの被覆管に所定量のボンドNa及び所定の燃料スラグを秤量した後、挿入し、被覆管内をHeガスで置換する。次に上部端栓を溶接し、溶接により発生したバリを研削する装置である。なお当該燃料ピン組立装置には溶接部分外径検査装置を付属させる。最後に燃料ピンを1本毎に秤量し、先の外径検査結果に応じて、燃料ピンを分別し、払い出す。

(l) 溶接部分外径検査装置

溶接部分外径検査装置は端栓圧着部分（圧着部前後10mm範囲）をレーザマイクロゲージでらせん状に測定、評価するものである。

(m) リーク検査装置

リーク検査装置は燃料ピンを入れたチェンバ内を真空排気し、チェンバ内のヘリウムガス濃度を計測することで、燃料ピンのリークの有無を検査するものである。

(n) 表面除染装置

表面除染装置は燃料ピンの表面をブラシ(乾式)で清掃し、付着物を除去するものである。

(o) 表面汚染検査装置

燃料ピン全外面をろ紙でふき取り、このろ紙の付着汚染を分析する（ふきとり式放射性汚染測定法(スマヤ法)）。同時に、上部端栓部をガスフローカウンタに導入し、固着汚染の有無を検査する（ガスフローカウンタ方式）。

(p) スラグ取出装置

スラグ取出装置は燃料ピンの各種検査の結果、不合格品となった燃料ピンを受け入れ、上部端栓部を切断し、内部の燃料スラグ及びボンドNaを取り出す装置である。

取り出した燃料スラグはスラグ切断装置に払い出し、再利用する。

端栓及び被覆管は高放射性固体廃棄物処理工程へ、ボンドNaは人工鉱物固化工程へ払い出す。

(q) スラグ切断装置

モールド除去装置から払い出される寸法不足の燃料スラグ、燃料スラグの検査で不合格品となったもの及びスラグ取出装置から送られてきたスラグを長さ2~3cm程度に切断する。切断を終えたスラグは容器IDで識別管理し、ヒール・スクラップ秤量器へ払い出す。

(r) るつぼ秤量器

るつぼ秤量器は以下に示す秤量を行うものである。

- ・ ヒール除去後のるつぼを計量する(るつぼ+ドロスの重量)。
- ・ ドロス除去後、内面を再コーティングしたるつぼを計量する(再利用るつぼの重量)。
- ・ 内面をコーティングされた新規るつぼを秤量する。

(s) ヒール除去装置

ヒール除去装置はヒール及びドロスの入った秤量済みのるつぼを受取り、これからヒールを取り出す装置である。また、取り出したヒールの表面にあるドロス(酸化物膜やるつぼのコーティング材)を機械的に削り落とす。ヒールはヒール・スクラップ秤量器に払い出し、再利用する。ドロスはるつぼとともにるつぼ秤量器に払い出す。

(t) ドロス除去装置

ドロス除去装置はヒールが除去されたるつぼを受入れ、るつぼ表面に付着している酸化物膜やコーティング材を機械的に除去する装置である。その後、るつぼを再利用するため、るつぼ表面に Y_2O_3 コーティングを施工する。るつぼ材はグラファイトとし、るつぼ自体は10回の使用に耐えるものとする。

(u) ドロス秤量器

ドロス秤量器はドロス除去装置から払い出されるドロスを秤量する装置である。

(v) ヒール・スクラップ秤量器

ヒール・スクラップ秤量器はスラグせん断片を適切に分別し、組み合わせることで、射出成型用に所定重量に調整する装置である。

(w) ヒール・スクラップ貯蔵庫

ヒール・スクラップ貯蔵庫は秤量を終えたヒール・スクラップを再利用するまでの間保管する貯蔵庫であり、4種の燃料に分類し、ヒールとスラグせん断片に分けて保管する。4種の燃料は1週間単位で順番に製造し(キャンペーン運転)、当該ヒール・スクラップを必ず利用する工程である。よって、燃料製造用に少なくとも1週間分の貯蔵量が必要となる

ので、貯蔵量は1週間分とする。なお、これらは成分分析結果とともに、識別管理する。

(2) 処理能力

(a) 受入貯蔵庫

U-Pu 合金及び U 合金の両貯蔵庫の貯蔵量（バッファ）は設備間バッファとして、燃料集合体 1 単位分（炉心 3 体 + RB 1 体）とする。

U 金属及び新 Zr の両貯蔵庫の貯蔵量は施設間バッファとして、2 週間分に見合う量とする。

(i) U-Pu 合金

U-Pu 合金の使用量(表 6.2-7)及び燃料集合体の年製造量より必要貯蔵量は以下となる。

$$4826\text{kgHM}/y \times (3 \text{ 体貯蔵}) / (167 \text{ 体製造}/y) \doteq 86.7\text{kgHM 貯蔵}$$

U-Pu 合金は 3.4kgHM/缶で 1 日あたり約 7 缶ずつ受け入れる。よって、貯蔵缶数は以下となる。

$$86.7\text{kgHM 貯蔵} \div 3.4\text{kgHM/缶} \doteq 26 \text{ 缶貯蔵}$$

(ii) U 合金

U 合金の使用量(表 6.2-6)及び燃料集合体の年製造量より必要貯蔵量は以下となる。

$$10\text{kgHM/個} \times (835 \text{ 個} + 746 \text{ 個})/y \times (3 \text{ 体貯蔵}) / (167 \text{ 体製造}/y) + \\ (10\text{kgHM} \times 839 \text{ 個})/y \times (1 \text{ 体貯蔵}) / (31.5 \text{ 体製造}/y) \doteq 550.9\text{kgHM 貯蔵}$$

U 合金は 10kg/缶 (10kgHM/個が 1 個入っている)で受け入れるとすると、貯蔵缶数は以下となる。

$$550.9\text{kgHM 貯蔵} \div 10\text{kgHM/缶} \doteq 56 \text{ 缶貯蔵}$$

(iii) U 金属

U 合金の使用量(表 6.2-7)より必要貯蔵量は以下となる。

$$9328\text{kgHM}/y \div 200\text{d}/y \times 14\text{d} \doteq 653.0\text{kgHM}$$

U 金属は 30kgHM/缶で取り扱うとすると貯蔵容器数は以下となる。

$$653.0\text{kgHM} \div 30\text{kgHM/缶} \doteq 22 \text{ 缶}$$

(iv) 新 Zr

新 Zr の使用量(表 6.2-7)より必要貯蔵量は以下となる。

$$1579\text{kg}/y \div 200\text{d}/y \times 14\text{d} = 110.5\text{kg}$$

新 Zr は 40kg/缶で取り扱うとすると貯蔵缶数は以下となる。

$$110.5\text{kg} \div 40\text{kgHM/缶} = 3 \text{缶}$$

(b) 燃料成分調整装置

射出成型装置の処理量に整合させる。射出成型装置 4 基が 3 バッチ/日運転されることから、1 日当たり、るっぽ 12 個分の燃料成分を調整するものとする。

(c) モールドパレット組立装置

射出成型装置の処理量に整合させる。射出成型装置 4 基が 3 バッチ/日運転されることから、1 日当たり、12 個分のモールドパレットを組み立てるものとする。

(d) 射出成型装置

(i) 炉心燃料 (IC 及び OC) 用の Pu を含むスラグの射出成型時には、内径 220mm、内側深さ 120mm のるっぽを用い、これに約 3.4kgHM の TRU を装荷する(表 6.2-6)。これは、るっぽ内の TRU 量が 2-Cd 隅極分 (2 隅極処理バッチ) 程度になるよう設定したもので、フェーズ 1 設計で得た制限量 (約 5.5kg · 239Pu) に対して十分余裕のある値である。富化度を考慮すると、IC 及び OC 燃料スラグ製造時のるっぽ内 HM 装荷量は、それぞれ 35.93kgHM、25.70kgHM となる(表 6.2-6)。この場合、るっぽ内への装荷重量 (金属重量) は IC 燃料では 40.07 kg、OC 燃料では 28.70 kg に相当する。

プランケット燃料 (AB 及び RB) 用のスラグの射出時には臨界の観点からの制限はないが、原料やモールドパレットのハンドリング等を考慮して、るっぽのサイズを 310mm φ × 120mm H とし、装荷金属量／バッチを各々 50kg 及び 60kg とする。

原料の装荷、および部品の交換などの準備作業から、射出済みのモールドを冷却して取り出し、クリーンアップなどの後処理作業を完了するまでに約 8 時間を要するものとする。

すなわち、3 バッチ／日の処理が可能である。表 6.2-3 から 4 種の燃料を 1 基の射出成型装置でまかなう場合の必要処理日数は以下となる

$$\{837 \text{バッチ(IC)} + 585 \text{バッチ(OC)} + 338 \text{バッチ(AB)} + 315 \text{バッチ(RB)}\} \div 200 \text{日} \\ \div 3 \text{バッチ/日/基} = 3.5 \text{基}$$

よって、4 基の射出成型装置を並列運転することで対応する。

4 種の燃料を 7 日間で射出成型する(キャンペーン運転)ので、1 キャンペーン当たりの射出成型数(バッチ数)は表 6.2-3 より以下となる。

- IC : $837 \text{ バッチ} \div 200 \text{ 日} \times 7 \text{ 日/CP} = 29.3 \text{ バッチ/CP} \Rightarrow 30 \text{ バッチ/CP}$
 - OC : $585 \text{ バッチ} \div 200 \text{ 日} \times 7 \text{ 日/CP} = 20.5 \text{ バッチ/CP} \Rightarrow 21 \text{ バッチ/CP}$
 - AB : $338 \text{ バッチ} \div 200 \text{ 日} \times 7 \text{ 日/CP} = 11.8 \text{ バッチ/CP} \Rightarrow 12 \text{ バッチ/CP}$
 - RB : $315 \text{ バッチ} \div 200 \text{ 日} \times 7 \text{ 日/CP} = 11.0 \text{ バッチ/CP} \Rightarrow 11 \text{ バッチ/CP}$
- 計 74 バッチ/CP となり、4 基 \times 3 バッチ/日/基 \times 6 日=72 バッチと 2 バッチ運転で処理できることとなる。

1 キャンペーン運転での射出成型の運転時間の分配は以下となる。

IC:OC:AB:RB ≈ 2.50 日:1.75 日:1.00 日:0.92 日(0.83 日は休止)

(ii) 炉心燃料 (IC 及び OC) の射出成型時スラグ長はスクラップ分を考慮して 500mm で、これは製品 1 本分の 425mm \times 118%に相当し、重量は 259g となる。るつぼに装荷されている原料の 70%が射出時にモールド内に鋳込まれると設定されていることから、1 バッチあたり、IC 用で 107 本 (53.5 ピン分)、OC 用で 77 本 (37.5 ピン分) の燃料スラグが得られる(表 6.2-4)。

(iii) AB 用の射出成型時スラグ長はスクラップ分を考慮して 500mm で、これは製品 3 本分の 450mm の 111%に相当し、重量は 262g となる。射出時の鋳込み分割合がるつぼ装荷量の 70%であることから、50kg/バッチの装荷で 133 本のスラグが得られる(表 6.2-4)。

(iv) RB 用のスラグの射出長さはスクラップ分を考慮して 450mm で、これは、炉心装荷時の全高 1150mm (2.3kg) の $1/3=383\text{mm}$ (767g) の 117%に相当し、重量は 901g となる。前述の燃料スラグと同様、射出時の鋳込み分割合がるつぼ装荷量の 70%であることから、60kg/バッチの装荷で、46 本のスラグを得るものとする(表 6.2-4)。

(e) モールド除去装置

モールド除去装置の処理能力は射出成型装置の処理能力に合わせる(12 バッチ/日、74 バッチ/CP)。1 台のモールド除去装置で、1 日当り処理するモールド本数は以下となり、3.3 節の検討結果より、2 基で対応する(表 6.2-4)。

- IC 用スラグ : 107 本/バッチ/基 \times 3 バッチ/基/日 \times 4 基/日 = 1284 本/日
- OC 用スラグ : 77 本/バッチ/基 \times 3 バッチ/基/日 \times 4 基/日 = 924 本/日
- AB 用スラグ : 133 本/バッチ/基 \times 3 バッチ/基/日 \times 4 基/日 = 1596 本/日
- RB 用スラグ : 46 本/バッチ/基 \times 3 バッチ/基/日 \times 4 基/日 = 552 本/日

(f) サンプル採取・移送装置

モールド除去装置の製品からサンプル採取を行い、移送するため、その処理能力はモールド除去装置に合わせる。射出される前の溶融金属は十分に攪拌された状態であることから、溶融金属内の均一性は良いと判断され、また、ANL における金属燃料の製造実績から鋳造状態における成分の均一性は良いことから、燃料スラグの切断片の一部から任意に 1 試料をサンプリングし、検査するものとする（1 サンプル / 1 ロット）。

(g) 燃料スラグ一時貯蔵庫

本燃料スラグ一時貯蔵庫はモールド除去（含むスラグの切断加工）を終えた燃料スラグを次工程の燃料スラグ検査装置に送るまでのバッファである。貯蔵庫の容量は 7 日分（1 CP 分）とする。これは AB 燃料スラグの本数が多く、燃料スラグ検査工程において AB 燃料スラグがほぼ半分の時間を占めるためである（(h)節参照）。

モールド除去において長さ不足のスラグはスクラップとして処理されるので、表 6.2-4 より燃料スラグ一時貯蔵庫の貯蔵量は以下となる。なお、AB 燃料スラグは 1/3 に分割されているが、ここでは簡便のため分割される前の状態で評価している。

- IC 燃料スラグ : 30 バッチ/CP × 95.2 本/バッチ × 1CP ≒ 2856 本貯蔵
- OC 燃料スラグ : 21 バッチ/CP × 68.1 本/バッチ × 1CP ≒ 1430 本貯蔵
- AB 燃料スラグ : 12 バッチ/CP × 117.7 本/バッチ × 1CP ≒ 1412 本貯蔵
- RB 燃料スラグ : 11 バッチ/CP × 41.1 本/バッチ × 1CP ≒ 452 本貯蔵

一時貯蔵庫に貯蔵するパレット（貯蔵容器）数は以下となる。

- IC 燃料スラグ : 2856 本貯蔵 ÷ 20 本/パレット ≒ 143 パレット貯蔵
- OC 燃料スラグ : 1430 本貯蔵 ÷ 20 本/パレット ≒ 72 パレット貯蔵
- AB 燃料スラグ : 1412 本貯蔵 ÷ 20 本/パレット ≒ 71 パレット貯蔵
- RB 燃料スラグ : 452 本貯蔵 ÷ 10 本/パレット ≒ 45 パレット貯蔵

(h) 燃料スラグ検査装置

1 キャンペーンで検査するバッチ数は、1 キャンペーンでの射出成型バッチ数と等しくする。各燃料スラグの 1 キャンペーン当たり検査本数は以下となる。

- IC 燃料スラグ : 30 バッチ/CP × 95.2 本/バッチ ≒ 2856 本/CP
- OC 燃料スラグ : 21 バッチ/CP × 68.1 本/バッチ ≒ 1430 本/CP
- AB 燃料スラグ : 12 バッチ/CP × 353.3 本/バッチ ≒ 4240 本/CP
- RB 燃料スラグ : 11 バッチ/CP × 41.1 本/バッチ ≒ 452 本/CP

よって、1 キャンペーンに処理するスラグ本数はこの合計の 8978 本/CP、1 日当りの処理本数は 1283 本/日、0.9 本/分の処理速度が必要となる。

1 キャンペーン運転での燃料スラグの運転時間の分配はスラグ本数より以下となる。

$$\text{IC:OC:AB:RB} \doteq 2.22 \text{ 日}:1.11 \text{ 日}:3.32 \text{ 日}:0.35 \text{ 日}$$

燃料スラグ検査装置で燃料スラグを受け入れる回数(バッチ)は臨界管理を考え、射出成型の 1 バッチに揃えると、以下となる。

- ・ IC 燃料スラグ : 30 バッチ分/CP \div 2.22 日/CP \doteq 13.5 バッチ分/日 ($\Rightarrow 1.8\text{hr}/\text{バッチ}$)
- ・ OC 燃料スラグ : 21 バッチ分/CP \div 1.11 日/CP \doteq 18.9 バッチ分/日 ($\Rightarrow 1.3\text{hr}/\text{バッチ}$)
- ・ AB 燃料スラグ : 12 バッチ/CP \div 3.32 日/CP \doteq 3.6 バッチ分/日 ($\Rightarrow 6.7\text{hr}/\text{バッチ}$)
- ・ RB 燃料スラグ : 11 バッチ/CP \div 0.35 日/CP = 31.4 バッチ分/日 ($\Rightarrow 1.5\text{hr}/2 \text{ バッチ}$)

なお、RB 燃料スラグの検査単位は射出成型時の 2 バッチ分とした。これは、射出成型 1 バッチ当たりのスラグ数が少ないため、1 バッチ毎に処理すると、燃料スラグを検査装置へ入搬出する回数が多くなるためである。

3.3 節の検討結果より、燃料スラグ検査装置を 2 基設け、処理するものとする。

(i) 燃料スラグ貯蔵庫

当該検査済み燃料スラグ貯蔵庫は検査を終えた燃料スラグを燃料ピン組立装置に送るまでのバッファであるとともに、官庁検査のためのバッファを兼ねる。貯蔵庫の容量は 14 日分(2CP 分)とする。

表 6.2-4 より貯蔵量は以下となる。なお、AB 燃料スラグは 1/3 に分割されているが、ここでは簡便のため分割される前の状態で評価している。

- ・ IC 燃料スラグ : 30 バッチ/CP \times 89.9 本/バッチ \times 2CP \doteq 5394 本貯蔵
- ・ OC 燃料スラグ : 21 バッチ/CP \times 64.3 本/バッチ \times 2CP \doteq 2700 本貯蔵
- ・ AB 燃料スラグ : 12 バッチ/CP \times 111.2 本/バッチ \times 2CP \doteq 2669 本貯蔵
- ・ RB 燃料スラグ : 11 バッチ/CP \times 41.1 本/バッチ \times 2CP \doteq 904 本貯蔵

一時貯蔵庫に貯蔵するパレット(貯蔵容器)数は以下となる。

- ・ IC 燃料スラグ : 5394 本貯蔵 \div 20 本/ パレット \doteq 270 パレット 貯蔵
- ・ OC 燃料スラグ : 2700 本貯蔵 \div 20 本/ パレット \doteq 135 パレット 貯蔵
- ・ AB 燃料スラグ : 2669 本貯蔵 \div 20 本/ パレット \doteq 133 パレット 貯蔵
- ・ RB 燃料スラグ : 904 本貯蔵 \div 10 本/ パレット \doteq 90 パレット 貯蔵

(j) 燃料ピン組立装置

燃料ピンの組立本数は表 6.2-3 の検査前の燃料要素本数(年間取扱量)であり、表 6.2-3 より平均化した処理速度は以下となる。

$$(37598 \text{ 本} + 18799 \text{ 本} + 4077 \text{ 本}) / \text{年} \div 200 \text{ 日} / \text{年} \div 24\text{hr} / \text{日} \div 60 \text{ 分} / \text{日} \doteq 0.21 \text{ 本} / \text{分} \Rightarrow 1 \text{ 本} / 4.8 \text{ 分}$$

ただし、1 日当たり処理する最小の燃料ピン数は 303 本/日(1 本/3.5 分)とする。

同様に、1 キャンペーン運転での燃料ピン組立の運転時間の分配は燃料ピン組立本数の比より以下となる。

$$\text{IC:OC:RB} \doteq 4.35 \text{ 日} : 2.18 \text{ 日} : 0.47 \text{ 日}$$

燃料ピン組立工程で燃料スラグを受け入れる回数(バッチ)は臨界管理を考え、射出成型の 1 バッチに揃えると、以下となる。ただし、RB 燃料スラグには Pu が含まれていないこと、1 バッチ当たりの燃料スラグ数が少ないとから、射出成型 2 バッチ分の燃料スラグで燃料ピンを組み立てるものとする。

- IC 燃料スラグ : $30 \text{ バッチ分} \div 4.15 \text{ 日} / \text{CP} = 7.2 \text{ バッチ分} / \text{日} (\Rightarrow 3.3\text{hr}/\text{バッチ})$
- OC 燃料スラグ : $21 \text{ バッチ分} \div 2.18 \text{ 日} / \text{CP} = 9.6 \text{ バッチ分} / \text{日} (\Rightarrow 2.5\text{hr}/\text{バッチ})$
- RB 燃料スラグ : $11 \text{ バッチ分} \div 2 \div 0.47 \text{ 日} / \text{CP} = 11.7 \text{ バッチ分} / \text{日} (\Rightarrow 2.1\text{hr}/\text{バッチ})$

(k) 溶接部分外径検査装置

溶接部分外径検査装置の処理時間は燃料ピン組立装置と同じ、1 本/3.5min で、303 本/日とする。

3 種の燃料に対するキャンペーン当りの処理本数及び運転時間の分配は燃料ピン組立装置と同一である。

(l) リーク検査装置

検査能力の設定は燃料ピン組立装置と同様で、303 本/日の処理能力を持たせる。真空引きに 1 回/15min を要するとすれば、5 個の真空チェンバ内に燃料ピンを 1 本づつ入れ、同時に真空引きし、検査することで、5 本/15min で検査できる。

3 種の燃料に対するキャンペーン当りの処理本数及び運転時間の分配は燃料ピン組立装置と同一である。

(m) 表面除染装置

表面除染装置の処理能力は燃料ピン組立装置の処理能力に合わせ、1 本/3.5min、303 本/日とする。

(n) 表面汚染検査装置

燃料ピンの装脱着に 1min、燃料ピンの拭き取り及びろ紙移動に 1min、測定（ろ紙及び固着部）に 1min 要するとする。装置全体では、1 本/3min、303 本/日と燃料ピン組立装置と同一の処理能力とする。

(o) ヒール除去装置

射出成型装置の処理量に整合させる。射出成型装置 4 台が 3 バッチ/日運転されることから、1 日当たり、るっぽ 12 個のヒールを除去できる能力を持たせる。

(p) ドロス除去装置

射出成型装置の処理量に整合させる。射出成型装置 4 台が 3 バッチ/日運転されることから、1 日当たり、るっぽ 12 個のドロスを除去できる能力を持たせる。

(q) ヒール・スクラップ貯蔵庫

4 種の燃料は 1 週間単位で順番に製造し（キャンペーン運転）、当該ヒール・スクラップを必ず利用する工程であることから、燃料製造用に少なくとも 1 週間分(1CP)の貯蔵量が必要となる。表 6.2-6 より各貯蔵庫のヒールの貯蔵量は以下となる。

- IC 燃料用 : $11.59 \text{ kg}/\text{バッチ} \times 30 \text{ バッチ}/\text{CP} \approx 347.7 \text{ kg}/\text{CP}$
- OC 燃料用 : $8.30 \text{ kg}/\text{バッチ} \times 21 \text{ バッチ}/\text{CP} \approx 174.3 \text{ kg}/\text{CP}$
- AB 燃料用 : $14.46 \text{ kg}/\text{バッチ} \times 12 \text{ バッチ}/\text{CP} \approx 173.5 \text{ kg}/\text{CP}$
- RB 燃料用 : $17.36 \text{ kg}/\text{バッチ} \times 11 \text{ バッチ}/\text{CP} \approx 191.0 \text{ kg}/\text{CP}$

同様に、表 6.2-6 より各貯蔵庫のスクラップ（スラグせん断片及び不良品）の貯蔵量は以下となる。

- IC 燃料用 : $8.46 \text{ kg}/\text{バッチ} \times 30 \text{ バッチ}/\text{CP} \approx 253.8 \text{ kg}/\text{CP}$
- OC 燃料用 : $6.06 \text{ kg}/\text{バッチ} \times 21 \text{ バッチ}/\text{CP} \approx 127.3 \text{ kg}/\text{CP}$
- AB 燃料用 : $2.20 \text{ kg}/\text{バッチ} \times 12 \text{ バッチ}/\text{CP} \approx 26.4 \text{ kg}/\text{CP}$
- RB 燃料用 : $9.30 \text{ kg}/\text{バッチ} \times 11 \text{ バッチ}/\text{CP} \approx 102.3 \text{ kg}/\text{CP}$

これらを原料パレットに装荷して貯蔵庫に収める。貯蔵庫に必要なヒール用及びスクラップ用のパレット数は射出成型のバッチ数と同じとする。

- IC 燃料用 : ヒール用パレット及びスクラップ用パレット各 30
- OC 燃料用 : ヒール用パレット及びスクラップ用パレット各 21
- AB 燃料用 : ヒール用パレット及びスクラップ用パレット各 12
- RB 燃料用 : ヒール用パレット及びスクラップ用パレット各 11

6.6.2 集合体組立工程

(1) 機器及び処理の概要

本工程は端栓溶接済のピンを扱うものであり、各装置は空気セル内に設置する。主な装置は Na ボンディング装置、ワイヤラッピング装置、集合体組立装置、各検査装置及び燃料ピンや集合体の装荷、取出、一時保管のための装置である。

(a) 超音波検査装置

燃料ピンの溶接検査として超音波検査装置を設ける。

まず、ビデオカメラ映像により下部端栓上にマーキングした ID を識別し、サイクル機構殿で独自に開発された超音波検査装置で超音波探傷画像を取得し、標準欠陥試料と比較し、溶接部の欠陥の有無を判定する。

(b) 燃料ピン一時貯蔵庫

本燃料ピン一時貯蔵庫は超音波検査で合格した 3 種の燃料ピンの一時貯蔵庫である。これらの燃料ピンは官庁検査を終えるまで一時貯蔵し、その後、順次 Na ボンディング装置へ払い出す。燃料ピン径が 2 種あることから、炉心燃料ピンと径プランケット燃料ピンを区別して貯蔵する。

(c) Na ボンディング装置

円筒状の炉に複数の燃料ピンを装荷し、炉内雰囲気をアルゴンガスとした後、500°Cまで昇温した後、所定の時間加振する。これにより燃料スラグを沈降させ、燃料スラグと被覆管とのギャップ部を Na で充填する。充填後は、Na 凝固時のひけ巣の発生を防止するため、燃料下端部から徐々に冷却するものとする。

(d) ボンディング検査装置

燃料ピンの ID 識別後、Na 液面高さ、Na ボンディング欠陥の有無及びスラグ下部浮き上がり高さを X 線非破壊検査(X 線 CT) で測定する。

(e) ワイヤラッピング装置

燃料ピンのラッピングワイヤを巻く。

(f) 燃料ピン検査装置

燃料ピンの ID 識別後、燃料ピンの重量、全長、外径、曲がり、ワイヤ巻き付けピッチ及びピンーワイヤ間隙について、全数検査を行う。この段階での不合格率は極少ないとし、PFD 及び物質収支には不合格品のリワークを取り入れていない。

(g) 燃料ピン一時貯蔵庫

燃料集合体の組み立てに先立つバッファ及び官庁検査用として、IC、OC 及び RB の各燃料ピンを一時保管する。燃料ピン径が 2 種あることから、炉心燃料ピンと径ブランケット燃料ピンを区別して貯蔵する。

(h) 燃料識別検査装置

炉心燃料ピンの種類(IC 及び OC)を最終的に確認するために使用する。装置は中性子線量測定法（分析結果参照式）により、Pu 富化度を非破壊式に測定し、燃料ピンの種類を識別するものとする。

(i) 燃料集合体組立装置

ピン束の製造、ダクト、遮蔽、エントランスノズル、ハンドリングヘッドの溶接を行う。

(j) 燃料集合体検査装置

燃料集合体の最終検査を行う。

(2) 処理能力

(a) 超音波検査装置

検査能力は燃料ピン組立装置の処理能力と同一の 1 本/3.5min で、303 本/日とする。また、燃料ピン毎の時間配分も燃料ピン組立装置と同一とする。

(b) 燃料ピン一時貯蔵庫

本燃料ピン一時貯蔵庫の貯蔵量は官庁検査のため 14 日分とする。よって、表 6.2-3 より、各燃料の貯蔵量は以下となる。

- IC : 36846 本 ÷ 200d × 14d 貯蔵 ≈ 2579 本貯蔵
- OC : 18423 本 ÷ 200d × 14d 貯蔵 ≈ 1290 本貯蔵
- RB : 3995 本 ÷ 200d × 14d 貯蔵 ≈ 280 本貯蔵

炉心燃料ピンは 3869 本、径プランケット燃料ピンは 280 本貯蔵する。

(c) Na ボンディング装置

Na のひけ巣を作らないために、充分な降温時間を要することから、1 バッチ/日の運転とする。

燃料ピンの処理量は以下である。

- 炉心燃料ピン : 56,397 本/200 日
- 径プランケット燃料ピン : 4,077 本/200 日

また、径プランケット燃料ピンは炉心燃料ピンに比べ、直径が約 2 倍、重量が約 4 倍であることから、1 バッチあたりの処理本数を異なるものとする。以上のことから、1 バッチあたりの処理量を以下で設定する。

- 炉心燃料ピン : 180 本/バッチ × 160 日
- 径プランケット燃料ピン : 50 本/バッチ × 40 日

以上のことから Na ボンディング装置は 2 基設けるものとする。

なお、炉心燃料ピン 180 本は臨界管理上支障無いと推定される。

(d) ボンディング検査装置

ボンディング検査装置の 1 日当りの処理能力を 303 本/日とする。

1 本/2min とすることで、必要本数を検査できるため、1 基で処理する。

(e) ワイヤラッピング装置

1 日当りの処理能力はボンディング検査装置と等しくし、303 本/日とする。1 本/2min

で処理すると、1日あたり約11時間運転することで、必要本数を処理できるため、1基で対応する。燃料ピン毎の時間配分もボンディング検査装置と同一とする。

(f) 燃料ピン検査装置

処理能力はワイヤラッピング装置と等しくし、303本/日で1本/2minとする。燃料ピン毎の時間配分もボンディング検査装置と同一とする。

(g) 燃料ピン一時貯蔵庫

IC、OC及びRBの3種の燃料集合体を1週間で製造する条件(キャンペーン運転)より、2週間分の貯蔵量とする。よって、各燃料の貯蔵量は(b)と同一である。炉心燃料ピンは3869本、径プランケット燃料ピンは280本貯蔵する。

(h) 燃料識別検査装置

1日当たりの処理能力はボンディング検査装置と等しくし、303本/日とする。燃料ピンの装脱着に1min、測定(炉心部上下同時)に1minとし、計1本/2minの検査能力とすることで、1基で対応する。

(i) 燃料集合体組立装置

必要な燃料集合体の組立体数は以下のとおり。

$$(IC\text{ 燃料 }111.3\text{ 体}+OC\text{ 燃料 }55.7\text{ 体}+RB\text{ 燃料 }31.5\text{ 体}) \div 200\text{ 日} \doteq 0.99\text{ 体/日}$$

よって、1基で対応する。

(j) 燃料集合体検査装置

(i)節と同様、0.99体/日で集合体を検査するものとし、1基で対応する。

7. 機器リスト

機器リストを表 7-1 から表 7-12 に示す。

設備名称：原料受入設備 (G1.0)

表 7-1 機器リスト(1/12)

No.	機器番号	具数	機器名称	型 式	仕様 (概略寸法及び概略重量、主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	備 考
1	G10 L10	1	U-Pu合金受入貯蔵庫	ラック式	1000L×1400W×3000H, 200kg 貯藏能力 88kg(炉心3体+筐体) 密封容器 26缶分	SUS304	室温	室内圧	3.4kgHM/缶
2	G10 L11	1	U合金受入貯蔵庫	ラック式	3000L×1400W×3000H, 500kg 貯藏能力 550kg(炉心3体+筐体) 密封容器 55缶分	SUS304	室温	室内圧	10kgHM/缶
3	G10 L12	1	U金属受入貯蔵庫	ラック式	1000L×500W×1500H, 200kg 貯藏能力 653kg, 密封容器 22缶分	SUS304	室温	室内圧	30kg/缶
4	G10 L13	1	新Zr受入貯蔵庫	ラック式	500L×1000W×1500H, 150kg 貯藏能力 120kg, 密封容器 3缶分	SUS304	室温	室内圧	40kg/缶
5	G10 M14	1	受入秤量器	—	1500L×1500W×500H, 50kg 秤量器、インゴットの取り出し、移動を行うハンドリング機能を有する	炭素鋼	室温	室内圧	
6	G10 M15	1	受入秤量器	—	1500L×1500W×500H, 50kg 秤量器、インゴットの取り出し、移動を行うハンドリング機能を有する	炭素鋼	室温	室内圧	
7	G10 M16	1	受入秤量器	—	1500L×1500W×500H, 50kg 秤量器、インゴットの取り出し、移動を行うハンドリング機能を有する	炭素鋼	室温	室内圧	
8	G10 M17	1	受入秤量器	—	1500L×1500W×500H, 50kg 棒材の取り出し、移動、切断を行うハンドリング機能を有する	炭素鋼	室温	室内圧	
9	G10 M18	1	受入容器移送台車	レール走行式	2700L×1500W×3000H, 4000kg U合金等を入れた受入容器を1個把持し、移送する	SUS304	室温	室内圧	
10	G10 M19	1	原料パレット移送台車	レール走行式	2700L×1500W×3000H, 4000kg U合金等を入れた受入容器を6個移送する	SUS304	室温	室内圧	

設備名稱：宣化度調整設備(G 21)

表 7-2 機器リスト(2/12)

機器リスト(3/12)

設備名稱：射出成型設備 (G 31)

表 7-4 機器リスト(4/12)

設備名称: 脱モールド設備(G.3.4.)

No.	機器番号	機器番号 員数	機器名称	型 式	仕様 (概略寸法、概略重量、主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	備 考
1	G34 M10	1	モールド除去装置	自動調整方式	1900L×2500W×2200H, 1800kg 処理能力 最大1596本/day モールド除去,スラグ切斷	SUS304	室温	室内圧	
2	G34 M11	1	モールド除去装置	自動調整方式	1900L×2500W×2200H, 1800kg 処理能力 最大1596本/day モールド除去,スラグ切斷	SUS304	室温	室内圧	
3	G34 M12	1	るっぽ秤量器	—	1000L×1000W×1000H, 500kg	炭素鋼	室温	室内圧	
4	G34 M13	1	ヒール除去装置	反転式	1500L×1500W×2000H, 2300kg	SUS304	室温	室内圧	
5	G34 M14	1	ドロス除去装置	回転ブラシ方式	1000L×1000W×1500H, 750kg	SUS304	室温	室内圧	
6	G34 M15	1	ドロス秤量器	—	1000L×1000W×1500H, 500kg	炭素鋼	室温	室内圧	
7	G34 M16	1	ヒール・スクランプ秤量器	—	1000L×1000W×1500H, 500kg	炭素鋼	室温	室内圧	
8	G34 L17	1	ヒール・スクランプ貯蔵庫 (ICP用)	ラック型	3000L×1500W×3000H, 600kg 貯蔵能力(1CP分)ヒール用パレット 及びスクランプ用パレット各30	SUS304	室温	室内圧	
9	G34 L18	1	ヒール・スクランプ貯蔵庫 (OC用)	ラック型	2000L×1500W×3000H, 500kg 貯蔵能力(1CP分)ヒール用パレット 及びスクランプ用パレット各21	SUS304	室温	室内圧	
10	G34 L19	1	ヒール・スクランプ貯蔵庫 (AB用)	ラック型	2000L×1500W×3000H, 400kg 貯蔵能力(1CP分)ヒール用パレット 及びスクランプ用パレット各12	SUS304	室温	室内圧	

表 7-5 機器リスト(5/12)

設備名稱：脫毛一ドルド設備 (G 34)

機器リスト(6/12)

設備名稱：燃料スラグ検査設備 (G 35)

表 7-7 機器リスト(7/12)

設備名称：燃料スラグ一時貯蔵設備（G 3.6）

No.	機器番号	員数	機器名称	型 式	(概略寸法、概略重量、主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	備 考
1	G36 L10	1	IC燃料スラグ一時貯蔵庫	ラック型	2500L×1500W×1500H, 150kg 収納パレット数：143	SUS304	室温	室内圧	燃料スラグ20本/パレット
2	G36 L11	1	OC燃料スラグ一時貯蔵庫	ラック型	1200L×1500W×1500H, 100kg 収納パレット数：72	SUS304	室温	室内圧	燃料スラグ20本/パレット
3	G36 L12	1	AB燃料スラグ一時貯蔵庫	ラック型	1200L×1500W×1500H, 100kg 収納パレット数：71	SUS304	室温	室内圧	燃料スラグ60本/パレット
4	G36 L13	1	RB燃料スラグ一時貯蔵庫	ラック型	600L×1500W×1500H, 80kg 収納パレット数：45	SUS304	室温	室内圧	燃料スラグ10本/パレット
5	G36 L14	1	IC燃料スラグ貯蔵庫	ラック型	5000L×1500W×1500H, 300kg 収納パレット数：270	SUS304	室温	室内圧	燃料スラグ20本/パレット
6	G36 L15	1	OC燃料スラグ貯蔵庫	ラック型	2500L×1500W×1500H, 200kg 収納パレット数：135	SUS304	室温	室内圧	燃料スラグ20本/パレット
7	G36 L16	1	AB燃料スラグ貯蔵庫	ラック型	2500L×1500W×1500H, 200kg 収納パレット数：133	SUS304	室温	室内圧	燃料スラグ60本/パレット
8	G36 L17	1	RB燃料スラグ貯蔵庫	ラック型	1200L×1500W×1500H, 150kg 収納パレット数：90	SUS304	室温	室内圧	燃料スラグ10本/パレット
9	G36 M18	1	スラグ容器移送台車C	レール走行式	2700L×1500W×3000H, 4000kg スラグパレットを複数個移送する	SUS304	室温	室内圧	

設備名称：燃料要素組立設備（G 4.1）

表 7-8 機器リスト(8/12)

No.	機器番号	員数	機器名称	型 式	(概略寸法, 概略重量, 主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	備 考
1	G41 M10	1	燃料ピン組立装置	自動連続方式 横型	5770L×3300W×1700H, 9000kg 処理能力 1本/3.5min、331本/日	SUS304	室温	室内圧	
2	G41 M11	1	表面除染装置	ブラシ（乾式） 式 横型	4000L×880W×1400H, 5000kg 処理能力 1本/3.5min、331本/日	SUS304	室温	室内圧	
3	G41 M12	1	Nαボンディング装置	縦型加熱 振動方式	6500L×2920W×4800H, 9000kg 処理能力 炉心燃料180本/日、径 ブランケット燃料51本/日	SUS304	500	室内圧	
4	G41 M13	1	Nαボンディング装置	縦型加熱 振動方式	6500L×2920W×4800H, 9000kg 処理能力 炉心燃料180本/日、径 ブランケット燃料51本/日	SUS304	500	室内圧	
5	G41 M14	1	ワイヤラッピング装置	自動巻付式 縦型	2200L×1300W×4700H, 8000kg 処理能力 1本/2min、324.2本/日	SUS304	室温	室内圧	
6	G41 M15	1	スラグ取出装置	—	1500L×1500W×1500H, 1500kg	SUS304	室温	室内圧	
7	G41 M16	1	スラグ切断装置	せん断式	1500L×1500W×1500H, 1500kg	SUS304	室温	室内圧	
8	G41 L17	1	ワイヤ保管庫	ラック型	1000L×1000W×1000H, 20kg 2キャッシュベーン分	SUS304	室温	室内圧	
9	G41 M18	1	燃料ピン移送台車A	レール走行式	2700L×1500W×1000H, 1000kg 燃料ピンパレット(横置き)を複数 個移送する	SUS304	室温	室内圧	燃料ピンを横置き
10	G41 M19	1	セル間移送装置	リフト又はエレ ベータ	3000L×1300W×1000H, 4000kg 炉心燃料ピン：60本/回 径ブランケット燃料ピン：40本/回	SUS304	室温	室内圧	燃料ピンを横置き

表 7-9 機器リスト(9/12)

設備名称：燃料要素組立設備（G 4.1）

No.	機器番号	員数	機器名称	型 式	(概略寸法、概略重量、主要性能)	主要材質	運転温度 [°C]	運転圧力 [MPa]	備 考
11	G41 M20	1	燃料ピン移送台車B	レール走行式	2700L×1500W×4500H, 5000kg 燃料ピンパレット(継置き)を複数個移送する	SUS304	室温	室内圧	燃料ピンを縦置き
12	G41 L21	1	被覆管貯蔵庫	ラック型	3000L×500W×2000H, 100kg 2キヤンペーン分	SUS304	室温	室内圧	
13	G41 L22	1	端栓貯蔵庫	ラック型	500L×500W×500H, 10kg 2キヤンペーン分	SUS304	室温	室内圧	
14	G41 L23	1	ボンドNa貯蔵庫	ラック型	500L×600W×2000H, 50kg 2キヤンペーン分	SUS304	室温	室内圧	

機器リスト(10/12)

設備名稱：燃料要素檢查設備 (G 4 3)

機器リスト(11/12)

設備名稱：燃料要素貯藏設備 (G 42)

機器リスト(12/12)

設備名稱：集合體組立設備 (G 51)

8. おわりに

平成 15 年度までの検討結果をベースに、セル内製造に対応した主要機器設備として、燃料成分調整装置等を、主要なハンドリング装置として燃料スラグハンドリング装置等の概念設計を行った。これら概念設計に基づき、燃料スラグ及び燃料ピンをハンドリングするための所要時間を見積った。あわせて、燃料成分調整手法も合理化することで、燃料製造設備の工程を最適化した。また、必要な設備間バッファ及び被覆管等の部材の保管量について検討し、機器数や構成を見直した。

(1) 代表的な主工程設備及び燃料ハンドリング・秤量設備の構造概念設計

主工程設備として、燃料成分調整装置、燃料ピン組立装置及び Na ボンディング装置の構造概念設計を行った。また、燃料ハンドリング設備として、燃料スラグハンドリング装置、燃料ピンパレットハンドリング装置、燃料ピンハンドリング装置を、秤量設備として、燃料スラグパレット用秤量器の概念設計を実施した。

(2) ハンドリング時間を考慮した必要設備台数の見直し

上述の概念設計を基に、各機器のハンドリング時間及び移送時間を見積り、処理時間を確認した。その結果、モールド除去装置においては処理時間が不足し、所定の処理量が得られないため、当該装置を 1 基から 2 基に増設した。また、モールド除去から燃料ピン組立までのスラグの移動を単純化するため、スラグ貯蔵庫を追加した。Na ボンディング装置においては、冷却時間を確保する必要から 3 バッチ/日の運転を 1 バッチ/日とし、このため、1 基から 2 基に増設することにより必要処理量を確保した。あわせて、燃料成分調整手法を見直し、これに対応するよう工程や機器構成を最適化した。

(3) 設備間バッファの検討

機器相互の処理能力を比較するとともに、製品等のハンドリング時間を考慮して、設備間バッファ量を検討し、機器リストに反映した。同様に、被覆管等の部材の必要バッファ量を設定し、保管棚として機器リストや工程系統図におりこんだ。

9. 参考文献

- [1] 今西克臣、入佐泰弘：“金属電解法鋳造法システムの品質管理に関する調査(その2)”, JNC TJ9420 2002-007, pp. 2-3~2-14 (2003)
- [2] 千田康英、森 行秀：“金属燃料製造設備構成の調査”, JNC TJ9420 2004-004, pp.29~74 (2003)